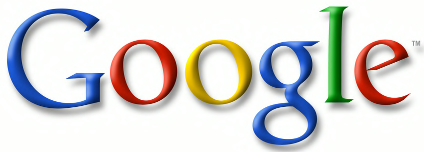
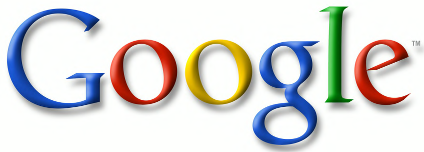
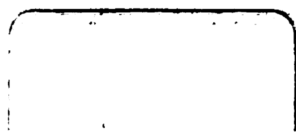





Stanford University Libraries
3 6105 012 529 849



113
13

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

CORBEIL. — IMPRIMERIE ÉD. CRÉTÉ.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS ET FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. PH. VAN THIEGEM

TOME XIII

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1901

ANATOMIE DES PRIMULACÉES

Par E. DECROCK.

INTRODUCTION.

En abordant, il y a plus de cinq ans, l'étude des Primulacées, je me proposai de donner une *Monographie anatomique* de cette famille. Le présent mémoire est le résumé des observations que j'ai recueillies depuis cette époque. Il faut le considérer comme la base de l'étude spéciale de chaque genre que j'espère publier à bref délai.

Dans ces dernières années, les travaux anatomiques ont été un peu abandonnés. Ils n'avaient pas tenu leurs promesses. D'autre part, on estime la structure des plantes supérieures suffisamment connue. Les méthodes ont été trop souvent incomplètes ou vicieuses. Quand on a décrit une coupe faite en un point quelconque d'un organe, à une époque indéterminée de sa vie, c'est au moins insuffisant au point de vue de la connaissance pure de la plante ; la Systématique, la Physiologie, n'en peuvent tirer à peu près aucun profit. Pour qu'on puisse, en Anatomie végétale, collaborer à la biologie des plantes et appliquer leurs caractères anatomiques à la classification, il est nécessaire de les mieux connaître.

En ce qui concerne les Primulacées, M. Kamienski a publié, en 1876, une étude sur l'anatomie comparée de cette intéressante famille. Comme tous les observateurs consciencieux, il a reconnu certains faits, mais il en restait beaucoup d'autres

à reconnaître. Y a-t-il un type unique dans ces plantes? Y a-t-il plusieurs séries différentes ?

La question de la *Polystélie*, la fleur, le fruit méritent qu'on s'arrête longuement.

L'espèce des botanistes descripteurs est-elle caractérisée anatomiquement? Il est certain qu'on a multiplié les espèces à profusion, les morphologistes ayant appliqué une méthode très variable suivant les cas. D'autre part, il ne faut pas oublier que beaucoup d'espèces de certains genres paraissent n'avoir pas encore acquis des caractères bien définis, comme si elles étaient encore en voie d'évolution; le genre *Primula* en est un exemple remarquable.

TECHNIQUE.

Chaque fois qu'il nous a été possible de le faire, nous avons étudié tous les organes de la plante : racines, tiges, feuilles, fleur et fruit, à leurs différents âges et dans toutes leurs régions (1). La distribution géographique des Primulacées nous favorisait à cet égard. Elles appartiennent, en effet, à des régions bien explorées en général; nous avons donc pu nous les procurer vivantes, les obtenir par semis. ou les étudier sur des matériaux d'herbier.

Nous avons à rendre hommage ici à l'admirable confraternité des botanistes du monde entier. Tous ceux à qui nous avons demandé des matériaux nous en ont envoyé avec beaucoup de bienveillance. MM. Bureau et Franchet nous ont permis d'étudier les types asiatiques. Par l'intermédiaire de M. le Professeur Granel, directeur du Jardin botanique de Montpellier, nous avons obtenu toutes les graines dont disposent les jardins botaniques de toutes les parties du

(1) Dans un grand nombre de cas pour mieux faire ressortir l'uniformité de structure que présentent certains organes dans toute la famille, ou pour éviter trop de répétitions, nous faisons suivre le nom de l'organe des mots « structure typique », en plaçant entre parenthèses le nom de l'espèce à laquelle il convient le mieux de se rapporter.

monde. M. Daveau nous a facilité la détermination des espèces et nous a aidé à vaincre les difficultés que présente la culture des plantes alpines. J'ai ramassé moi-même toutes les espèces françaises dans de fréquentes excursions dirigées par M. le Professeur Flahault et par M. Derbez, de Barcelonnette, dans les Pyrénées, les Alpes, la Région méditerranéenne et le Nord de la France.

Que tous ces savants daignent agréer l'hommage de notre profonde reconnaissance.

PREMIÈRE PARTIE

HISTORIQUE

L'anatomie des Primulacées a déjà fait l'objet de quelques recherches. Les premiers efforts ont eu pour but le genre *Primula*, si répandu dans les montagnes de l'Europe et en particulier dans les Alpes. Trécul (1) y a signalé le premier l'existence du réseau radicifère dans le rhizome. Dès 1855, Vaupell (2) avait reconnu deux types de structure dans les espèces du genre *Primula* : le type dicotylédone normal caractérisé par un cercle de faisceaux ou une couronne libéro-ligneuse, et un type anormal qu'il rapprochait du type monocotylédone parce qu'au sein d'un parenchyme homogène se trouvent épars, sans ordre, des faisceaux libéro-ligneux.

En 1875 et 1876, Fr. von Kamienski (3) en étudiant l'anatomie comparée du genre *Primula* d'abord, puis de la famille des Primulacées tout entière, distingue dans les Primevères à structure normale deux groupes : le premier renferme les espèces à bois et liber secondaires sans réseau radicifère, le deuxième, les espèces à réseau radicifère sans bois et liber secondaires. Dans les Primevères à structure normale, il établit une distinction suivant que l'anomalie se manifeste ou non dans toute la longueur de la tige.

(1) Trécul, *Recherches sur l'origine des racines* (Ann. sc. nat., t. VI, 3e série, 1846).

(2) Vaupell, *Untersuchungen uber das periph. Wachsthum der Gefässbündel*, 1855, Leipzig.

(3) Fr. von Kamienski, *Zur Vergleichende Anatomie der Primeln*, Strasbourg, 1875 et *Vergleichende Anatomie der Primulaceen*, Cracovie, 1876.

Pour les autres genres, l'auteur décrit, tantôt avec détails, tantôt succinctement, la structure d'un petit nombre d'espèces. Il n'avait pu se procurer des spécimens de plusieurs genres.

En 1881, M. Westermaier (1) insiste sur la nécessité qu'il y aurait à établir d'une manière positive, les relations qui existent entre la structure et la fonction des différents appareils de la plante, de manière à pouvoir dégager ensuite les caractères systématiques. Mais il déclare la physiologie végétale encore trop peu avancée pour que l'on puisse attendre, dès ce moment, les résultats intéressant tous les appareils de la plante. L'appareil de soutien est celui dont nous comprenons le mieux le rôle. M. Westermaier en étudie la répartition dans les principaux genres de la famille des Primulacées et dégage de ses observations une caractéristique anatomique de la famille : c'est la présence d'un anneau fibreux à la périphérie du cylindre central, anneau contre lequel sont adossés les faisceaux libéro-ligneux.

L'étude comparée des tiges souterraines et des tiges aériennes des Dicotylédones que M. Costantin (2) a publiée en 1883 renferme l'anatomie des tiges des *P. elatior*, *P. grandiflora*, *Soldanella alpina*. L'auteur a « constaté, en somme, la disparition de l'appareil de soutien, l'apparition de l'amidon, l'augmentation de l'écorce et la réduction de la moelle » dans les rhizomes. Vesque (3) n'a point donné la caractéristique des Primulacées dans ses recherches sur l'anatomie de la feuille des Gamopétales. Une « étude préliminaire, dit-il, y a révélé une inconstance dont la signification véritable ne pourra ressortir que de recherches étendues sur un grand nombre d'espèces. » C'est ce que nous avons tenté de faire.

(1) Westermaier, *Beiträge zur Vergl. Anat. der Pfl.* (Monatsberich. der Preuss. Acad. zu Berlin, 1881).

(2) Costantin, *Étude comparée des tiges aériennes et souterraines des Dicotylédones* (Ann. Sc. nat., Bot., 6e série, t. XVI, 1883).

(3) Vesque, *Caractères des principales familles gamopétales tirés de l'anatomie de la feuille* (Ann. Sc. nat., Bot., 7e série, t. I, 1885).

En 1886, dans un premier mémoire sur la structure de la tige des Primevères nouvelles du Yun-nan, M. Van Tieghem (1) a rendu compte de la nature même de l'anomalie de la tige de certaines Primevères. Vaupell et Kamienski avaient considéré les faisceaux libéro-ligneux des Auricules comme des faisceaux collatéraux. De Bary distinguait des cordons périphériques à structure bilatérale et des cordons centraux plus volumineux, dans lesquels le liber entoure complètement le bois. Il a nommé ceux-ci des faisceaux concentriques, en leur accordant la même valeur morphologique qu'aux précédents. M. Van Tieghem est arrivé à une conclusion tout à fait différente, conclusion qui n'a pas tardé à devenir classique : « chaque cordon est un véritable cylindre central, ordinairement sans moelle, dans lequel les faisceaux libéro-ligneux confluents par leurs parties ligneuses ne sont distincts que par leurs libers. »

Encore en 1886, à quelques jours d'intervalle, MM. Van Tieghem et Douliot (2) publient un travail dans lequel ils groupent les Primevères d'après la structure de leur tige. Ils concluent à la nécessité de les séparer en deux genres distincts : *Primula*, pour les Primevères à tige normale, *Auricula*, pour les Primevères à tige anormale. D'après ces savants, la classification fondée sur l'anatomie et celle établie par Duby sur les caractères externes donnent un accord satisfaisant. Cet accord ne subsiste pas avec le sectionnement établi par M. Pax (3) dans *Engler el Prantl* : *Die natürlichen Pflanzenfamilien*. En somme, on n'est pas encore arrivé à trouver une classification rationnelle des Primevères, ce qui explique l'énorme difficulté que présente l'étude de ce genre.

(1) Van Tieghem, *Structure de la tige des Primevères nouvelles du Yun-nan* (Bull. de la Soc. bot. de France, t. XXXIII, 1886).

(2) Van Tieghem et Douliot, *Sur la Polystélie* (Ann. Sc. nat., 7e série, t. III, 1886).

(3) Pax, in Engler et Prantl. *Die Natürlichen Pflanzenfamilien*, I. IV Theil, 1897.

M. Seignette (1) a décrit très rapidement la structure du tubercule jeune de *Cyclamen europæum*. Il donne trois coupes transversales faites à la base et au sommet, sans rendre compte des relations qu'elles présentent. On ne voit pas les rapports que présentent les divers faisceaux entre eux.

En 1897, M. D.-T. Gwynne-Vaughan (2), de Glascow, a repris l'étude de quelques Primevères « potystèles ». Il a constaté dans tous les cas que, vers le sommet, le liber et le bois de la face interne des stèles disparaissaient graduellement. On observe alors sur une coupe transversale un cercle de faisceaux libéro-ligneux collatéraux. En étudiant la structure de la feuille, l'auteur a observé une gradation intéressante entre l'anatomie du cotylédon et de la feuille complètement développée. Enfin, il apparaît clairement pour ce savant que la gamostélie constitue un type plus ancien que la dialystélie et plus rapproché de la monostélie.

Dans ce qui précède, nous n'avons fait que citer les travaux ayant trait à l'appareil végétatif. Puisque nous avons étudié toute la plante, il est nécessaire de donner, succinctement au moins, la bibliographie de l'appareil reproducteur. Les mémoires parus sur ce sujet ont eu pour but l'étude du parcours des faisceaux dans la fleur, la recherche de la valeur morphologique du placenta, la structure du fruit et sa déhiscence.

Dans son remarquable travail sur la structure du pistil, M. Van Tieghem (3) a décrit le parcours et la structure des faisceaux dans la fleur des Primulacées ; plusieurs autres mémoires du même auteur renferment de nouvelles observations qui permettent en dernière analyse de considérer le placenta des Primulacées comme un organe résultant de la soudure de cinq talons carpellaires et l'étamine comme

(1) Seignette, *Recherches sur les tubercules* (Revue générale de botanique, 15 septembre 1889).

(2) D.-T. Gwynne-Vaughan, *On Polystely in the genus Primula* (Annals of Botany, June, 1897).

(3) Van Tieghem, *Structure du pistil des Primulacées et des Théophrastées* (Ann. Sc. nat., 5e série, t. XII, 1869).

étant une dépendance de la corolle. L'interprétation de la valeur morphologique du placenta a subi bien des vicissitudes.

Pour Celakowsky (1), les talons carpellaires existent, mais ils ne font que tapisser le prolongement de l'axe floral. Cette manière de voir est basée sur l'observation de monstruosités chez l'*Anagallis arvensis*.

M. Warming (2) et tout récemment M. Vidal (3) sont arrivés à conclure dans le même sens que Celakowsky. Ces savants n'ont pas apporté de preuves; leurs conclusions ne sont pour ainsi dire que des raisons de sentiment, raisons difficiles à discuter.

Divers travaux ayant trait à l'anatomie et à la déhiscence des fruits à péricarpe sec, renferment la description anatomique de la capsule de Primulacées. M. Leclerc du Sablon (4) a étudié (1884) le fruit de *Primula elatior* et d'*Anagallis arvensis*. M. Eichholz (5) (1886) celui du *P. officinalis*. M. Weberbauer (6) celui d'un type de tous les genres, sauf *Pomatosace* et *Stimpsonia*. Sur ce point, par conséquent, nous avons pu contrôler et étendre les observations de nos devanciers. M. Weberbauer distingue dans la paroi du fruit de la plupart des Primulacées deux couches de signification physiologique contraire : Une couche externe formée de plusieurs assises d'éléments de contraction, et une couche interne d'éléments agissant en sens inverse, formée

(1) Celakowsky, *Vergleichende Darstellung der Placenten in den Fruchtknoten der Phanerogamen* (Akt. d. kön. böhm Gesellschaft d. Wiss., 1876). — Id. *Beiträge zur Foliartheorie des Ovulums* (Abhand. d. kön. böhm, Gesellsch. d. Wiss., 1884).

(2) Warming, *De l'Ovule*, p. 192 (Ann. Sc. nat., 6e série, t. V, 1877).

(3) L. Vidal, *Sur le placenta des Primulacées* (Journal de botanique, mai 1899).

(4) Leclerc du Sablon, *Recherches sur la déhiscence des fruits à péricarpe sec* (Ann. Sc. nat., 6e série, Bot., t. XVIII, 1884).

(5) Eichholz, *Untersuchungen über den Mechanismus einiger zur Verbreitung von Samen und Früchten dienender Bewegungserscheinungen* (Pringsheims' Jahrb. fur. wissench. Bot. Bd. XVII, 1886).

(6) Weberbauer, *Beiträge zur Anatomie der Kapselfrüchte* (Botanisches Centralblatt. Band XXII, p. 54, 1898).

d'éléments d'opposition « *Wiederstandelemente.* » La sécheresse, en agissant spécialement sur la couche de contraction, déterminerait la déchirure de la partie supérieure du fruit en un nombre déterminé de dents qui se referment dans l'air humide. La déhiscence de la capsule des Primulacées peut s'expliquer d'une manière bien plus simple, comme nous le verrons.

DIVISIONS ET PLAN DE NOTRE TRAVAIL

Nous avons divisé notre travail en quatre parties :

I. Introduction et historique.
II. Anatomie générale.
III. Histologie générale.
IV. Anatomie descriptive des genres.

Il est nécessaire d'expliquer ici ce que nous entendons par anatomie générale, histologie générale.

La partie qui traite de l'anatomie générale des Primulacées est la synthèse de toutes nos observations sur la disposition, la topographie, si je puis m'exprimer ainsi, des différents appareils que renferme la plante dans tous ses organes: racines, tiges, feuilles, fleur et fruit, appareils protecteurs, appareils conducteurs, appareils conjonctifs. Cette étude a été divisée en chapitres subdivisés en paragraphes comme l'indique le tableau suivant :

I. Généralités sur l'appareil végétatif.

CHAPITRE I. — **Racine.**

I. Racine principale et ses ramifications.
II. Racines caulinaires ou latérales et leurs ramifications.

CHAPITRE II. — **Tige.**

I. Hypocotyle.
II. Tiges feuillées et rhizomes.

Chapitre III. — **Feuille.**

I. Cotylédon.
II. Feuilles normales.
III. Feuilles anormales, s'il y a lieu.

II. Généralités sur l'appareil reproducteur.

Chapitre I. — **Les tiges florales.**

Hampe florale.
Pédoncule floral, bractée florale.
Réceptacle floral.

Chapitre II. **Sépale.**
— III. **Pétale.**
— IV. **Étamine.**

a. Filet.
b. Anthère.
c. Pollen.

Chapitre V. — **Pistil.**

a. Paroi ovarienne.
b. Style et stigmate.
c. Placenta.
d. Ovule.
c. Fruit et graine.

Dans la troisième partie, nous étudions les caractères des différents tissus qui entrent dans la constitution de la plante.

Nous examinons successivement : les tissus protecteurs, Épiderme et Liège, dans la racine, la tige, la feuille, la fleur et le fruit ; de même les tissus conjonctifs, Parenchymes divers et les tissus conducteurs, Bois et Liber.

L'Anatomie descriptive des genres comprend l'étude détaillée d'un grand nombre d'espèces, en prenant dans chaque genre ou dans chaque section de genre un type, à côté duquel nous relevons les différences que présentent les autres espèces que nous avons pu étudier.

Cette partie est purement analytique.

Dans ce travail, nous ne nous sommes pas occupé des questions de développement, quoique, chemin faisant, nous ayons pu relater bien des faits nouveaux.

Par conséquent, nous ne ferons que citer ici les noms de

Duchartre, Payer, Cramer, Pfeffer, qui se sont surtout occupés de l'organogénie de la fleur des Primulacées et les noms de Warming, Vesque et Pax qui ont étudié l'ovule et le développement du sac embryonnaire dans un petit nombre d'espèces.

Nous avons repris les observations des anatomistes qui nous ont devancé dans cette voie, bien des faits nouveaux sont venus s'ajouter, il en est résulté des interprétations parfois différentes de celles qui sont généralement admises. Nos recherches ont duré cinq années pendant lesquelles des matériaux nouveaux nous sont venus de tous les points du globe. Nous avons étudié ainsi un nombre considérable d'espèces. Peut-être se rendra-t-on compte de l'énorme labeur que nous a coûté cette étude.

DEUXIÈME PARTIE

ANATOMIE GÉNÉRALE

I

Généralités sur l'anatomie de l'appareil végétatif des Primulacées.

CHAPITRE PREMIER.

LA RACINE.

Racine principale. — Au moment où l'embryon se débarrasse des téguments, la plantule d'une Primulacée quelconque comprend une racine principale longue d'un centimètre environ, un axe hypocotylé et deux cotylédons pourvus d'un très court pétiole.

Dans les espèces vivaces, la racine principale peut être de courte durée et ne porter qu'un petit nombre de radicelles. Ces espèces sont pourvues de rhizomes dont l'extrémité la plus âgée se détruit progressivement. La disparition de la racine principale résulte naturellement de ce mode de vie. Cette racine principale peut disparaître bien avant la destruction de son support et peut être remplacée de bonne heure par des racines caulinaires. Il y a là une série de faits de détail à observer.

Dans les espèces annuelles, la racine principale dure autant que la plante et porte de nombreuses radicelles se développant dans un même plan.

Les observations que nous avons faites sur le sommet

végétatif concordent d'une manière générale avec celles de M. Flahault (1) et de MM. Van Tieghem et Douliot (2). Pour le premier, le péricyle « s'arrête très près du sommet du cylindre central et ne le recouvre pas dans *Anagallis arvensis* L. et *A. arvensis* var. *cærulea* Lam., et l'écorce se réduit au sommet à une assise de trois cellules se développant tout entière en direction centripète. Dans le *Lysimachia dubia* H. Kew., le péricycle paraît entourer complètement le cylindre central ».

Nous avons étudié tout l'embryon d'un grand nombre d'espèces appartenant à plus de vingt genres. Partout nous avons trouvé au sommet de l'écorce une plaque de cellules histogènes subissant, très près du sommet, une division tangentielle qui sépare d'abord une assise de cellules qui doit donner ultérieurement l'assise subéreuse. L'assise sous-jacente donne naissance à tout le reste de l'écorce par une série peu nombreuse de cloisonnements centripètes. Cette manière d'être des cellules initiales de l'écorce, se reflète très nettement dans l'écorce complètement développée ; nous le verrons plus loin.

M. J. Eriksson (3) a trouvé au sommet des racines d'*Hottonia palustris* L. un méristème commun à tous les tissus. Mes préparations permettent de faire entrer l'*Hottonia palustris* dans le cadre général : les initiales de la coiffe, de l'écorce, du cylindre central, y sont distinctes.

La structure du sommet végétatif de la racine principale est ainsi nettement établie.

La question de la continuité du péricycle autour du sommet du cylindre central doit nous arrêter quelques instants. Des coupes faites dans le sommet de la racine, coupes longitudinales, ou coupes transversales passant un peu au delà

(1) Ch. Flahault, *Recherches sur l'accroissement terminal de la racine chez les Phanérogames* (Ann. Sc. nat., Bot.. 1877).

(2) Van Tieghem et Douliot, *Recherches comparatives sur l'origine des membres endogènes* (Ann. des Sc. nat. Bot., 7e série, VIII, 1888).

(3) Eriksson, *Ueber das Urmeristem der Dicotylenwurzeln* (Jahrbücher fur wissensch. Botan., Leipzig, 1877).

des initiales du cylindre central, montrent que celui-ci est constitué en ce point par un cylindre de méristème vasculaire parfaitement homogène, composé d'éléments équivalents. Plus haut seulement les cellules de l'assise périphérique subissent un accroissement un peu plus considérable, première différenciation qui s'étend bientôt après aux éléments destinés à se transformer en vaisseaux ou en éléments libériens. Le péricycle est désormais distinct. Avant cette différenciation, il n'en doit pas être question.

Ces faits, concernant le péricycle de la racine touchent à une question de philosophie scientifique importante : la question de l'autonomie des différentes parties du cylindre central de la racine. Péricycle, faisceaux ligneux, faisceaux libériens, moelle sont considérés généralement comme homologues de ces mêmes parties de la tige. Ce n'est pas le lieu d'entrer dans une longue discussion. Disons seulement qu'il nous paraît plus rationnel de regarder le cylindre central de la racine comme un système conducteur autonome ayant plusieurs centres de différenciation libérienne et vasculaire. M. C.-Eg. Bertrand (1) a défini ce système un *faisceau polycentre* ou *multipolaire*.

Structure primaire. — Au moment où la plantule se dégage complètement du tégument, la racine principale présente environ un centimètre de longueur et un demi-millimètre de diamètre dans sa région d'insertion sur l'axe hypocotylé.

Elle est construite sur le type binaire, sans exception, et présente partout les mêmes caractères histologiques.

L'assise pilifère est normale, avec poils absorbants peu nombreux.

L'écorce occupe les deux tiers du rayon total et comprend quatre assises de cellules, disposées en séries radiales et concentriques sauf l'assise externe dont *les cellules alternent à la fois avec les cellules de l'assise pilifère et avec celles de*

(1) C.-Eg. Bertrand, *Théorie du faisceau* (Bulletin scient. du Nord, t. I, 1880).

l'assise sous-jacente. Cette assise externe se transforme en assise subéreuse, *elle représente à elle seule la zone externe de l'écorce*.

Dès que la racine pénètre dans le sol, l'endoderme se différencie dans les points correspondants. La subérification se manifeste au début suivant un cadre tangentiel qui intéresse les faces radiales très près de la face externe des cellulles. Cette modification gagne ensuite toute l'étendue des parois, pendant que le protoplasme, très actif, de ces cellules, les divise à plusieurs reprises par des cloisons radiales purement cellulosiques. *Cette manière d'être de l'endoderme est très fréquente chez les Gamopétales*.

Le cylindre central primaire est formé par un péricycle unisérié, par une lame ligneuse diamétrale et de chaque côté de celle-ci par un fascicule de tissu criblé, séparé du bois par une seule assise de cellules.

Les vaisseaux dérivent directement des cellules du méristème vasculaire. Le fascicule criblé se compose au début de trois éléments résultant de deux cloisonnements successifs et à angle droit d'une cellule du méristème vasculaire. La différenciation criblée peut se répéter sur d'autres éléments sous-péricycliques de chaque côté du fascicule primitif.

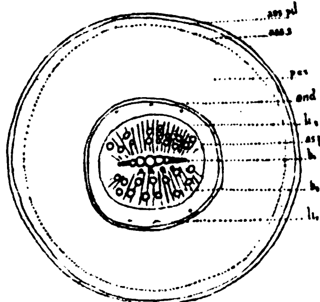


Fig. 1. — Schéma d'une racine principale de Primulacée. *ass. pil*, assise pilifère; *ass. s*, assise subéreuse; *par. c. i*, parenchyme cortical interne; *end*, endoderme; *per*, péricycle; li_2, liber secondaire; *as. g*, assise génératrice; b_1, bois primaire; b_2, bois secondaire; li_1, liber primaire.

Structure secondaire. — Avant que la différenciation primaire soit achevée, il s'établit un arc de cambium à la face interne du tissu criblé primaire.

Le bois secondaire est formé de vaisseaux annelés et de parenchyme, ou uniquement de vaisseaux. Le liber secondaire comprend des fascicules criblés analogues aux fascicules criblés primaires, et des cellules de parenchyme.

Tous les éléments non lignifiés du cylindre central renferment un protoplasma plus ou moins dense occupant toute la cavité avec un noyau relativement volumineux dans les éléments criblés et cambiaux, n'en occupant que la région périphérique dans les cellules du parenchyme libérien et du péricycle. Ces dernières peuvent être homologuées aux cellules cambiformes de Haberlandt (1), qui, d'après ce savant, entrent dans la constitution du liber considéré

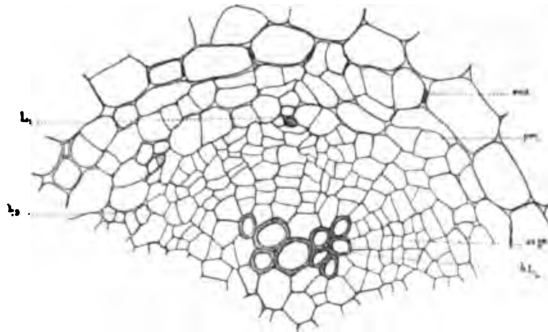


Fig. 2. — *P. cortusoides.* — Racine priucipale. *end*, endoderme ; *per*, péricycle; *as. ge*, assise génératrice; b_1, bois primaire.

comme appareil conducteur des matières élaborées. Cette idée nous amène de nouveau à considérer le *cylindre central de la racine comme un appareil conducteur indivis et autonome comparable à cet égard à un faisceau libéro-ligneux de tige.*

L'abondance de ces productions libéro-ligneuses secondaires varie naturellement avec la durée de la racine principale, durée qui ne dépasse guère une période de végétation active, sauf dans les espèces vivaces xérophiles. Il se forme, en général, deux massifs libéro-ligneux secondaires de chaque côté de la lame ligneuse primaire et, devant les pôles de celle-ci, le péricycle se cloisonne un certain nombre de fois par des divisions tangentielles.

Ailleurs (toutes les *Lysimachioïdées* annuelles) l'assise génératrice devient annulaire et fournit autour du bois pri-

(1) Haberlandt, *Physiolog. Pflanzenanatomie*, 1897, p. 286.

moire une couronne libéro-ligneuse continue. Il n'y a pas formation de liège ; l'écorce peut s'exfolier complètement, sauf l'endoderme qui persiste toujours en accentuant les caractères que nous lui avons déjà décrits.

Les ramifications de la racine principale ont la même structure, avec un développement un peu moindre des éléments histologiques.

Racines latérales. — Les Primulacées produisent des racines latérales sur leur tige hypocotylée et sur leurs rhizomes ou pseudorhizomes. L'hypocotyle est généralement fugace, comme la racine principale elle-même. Les racines latérales qui s'y développent sont peu nombreuses (2 à 5). Elles sont insérées dans le plan de la lame ligneuse primaire.

Les racines qui naissent sur les rhizomes peuvent avoir une position nettement déterminée, aux nœuds de chaque côté des feuilles, comme dans les *Lysimachia*, ou naître en des points non déterminés, comme c'est le cas dans les *Primula*.

Nous n'avons rien à ajouter aux recherches de M. Lemaire (1) et de MM. Van Tieghem et Douliot (2) sur l'origine et le développement des racines latérales.

Structure primaire. — La structure primaire est partout la même, avec quelques variations de peu d'importance portant sur le nombre des lames ligneuses primaires et sur quelques caractères histologiques de l'écorce.

L'écorce est épaisse, formée d'un parenchyme collenchymatoïde à la périphérie, sérié radialement dans la région interne, qui occupe la plus grande partie de l'épaisseur de l'écorce. Dans les racines très jeunes ou dans la région voisine du sommet végétatif des racines adultes, *seule l'assise périphérique ne participe pas à cette sériation, elle constitue à elle seule la zone externe de l'écorce et provient du*

(1) Lemaire, *Recherches sur l'origine et le développement des racines latérales chez les Dicotylédones* (Ann. des Sc. nat., Bot., 7e série, t. III, 1886).
(2) Van Tieghem et Douliot, *Recherches comparatives sur l'origine des membres endogènes dans les plantes vasculaires* (Ann. des Sc. nat., Bot., 7e série, t. VIII, 1888).

premier cloisonnement tangentiel de la plaque histogène initiale.

Le cylindre central des racines nées sur les tiges adultes est généralement pentamère ou tétramère, rarement hexamère.

Sur les rhizomes très jeunes poussent des racines plus étroites que les précédentes. Le cylindre central n'y comprend que trois lames ligneuses primaires.

L'assise pilifère est normale ; toutes ses cellules sont prolongées en poils simples, courts lorsque la station où vit la plante est humide, longs lorsqu'elle est sèche. Le *Primula farinosa* vient dans des stations très humides, ses poils absorbants sont très courts ; le *Coris monspeliensis* vient dans la garrigue et les sables de la région méditerranéenne et présente des poils beaucoup plus longs.

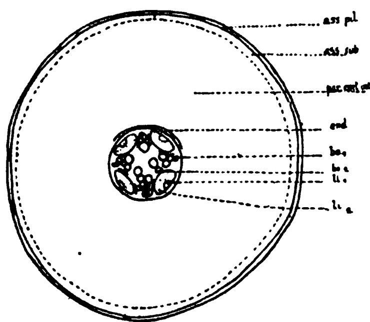


Fig. 8. — Schéma d'une racine adventive de Primulacée.

L'assise pilifère persiste après la chute des poils, ses membranes se subérifient, s'épaississent même parfois sur la face externe et contribuent ainsi avec l'assise subéreuse à la protection de l'écorce, quand celle-ci subsiste.

L'écorce persiste pendant toute la durée de la racine dans les espèces *hygrophiles*, très nombreuses dans la famille (tous les *Primula*, la plupart des *Lysimachia*). Toutes les cellules sont gorgées d'amidon.

Les espèces xérophiles vivaces et les espèces annuelles perdent complètement leur parenchyme cortical jusqu'à l'endoderme, dont les caractères protecteurs s'accentuent par le cloisonnement radial des cellules primitives, et par un épaississement cellulosique considérable des parois.

Au point de vue de l'abondance des productions libéro-

ligneuses secondaires, il y a lieu aussi de distinguer deux types. Ils correspondent aux deux groupes que nous avons envisagés au point de vue de la durée de l'écorce.

Dans le premier (espèces *hygrophiles*), le bois et le liber sont peu abondants ; le cambium est localisé à la face interne du liber primaire ; il n'y a pas production de couronne libéro-ligneuse continue ; l'aspect de structure primaire est conservé dans beaucoup de cas. En face des faisceaux ligneux primaires, le péricycle se cloisonne quelquefois tangentiellement pour suivre l'accroissement en diamètre de la stèle ; l'assise génératrice forme alors une couronne continue plus ou moins ondulée.

Le *Kaufmannia Semenovii* Regel nous a montré une assise génératrice surnuméraire, qui se développe aux dépens du péricycle à la face externe du liber primaire. Cette assise a un développement exclusivement centripète et ne fournit que du liber.

Le fait que nous venons de signaler se retrouve avec une intensité plus grande dans la racine et même dans la tige des Primulacées xérophiles du groupe *Aretia*, *Douglasia*, *Dionysia*. Ces plantes ont un liber volumineux, qui s'accroît par l'activité de l'assise génératrice normale et de l'assise péricyclique, qui se cloisonne ici sur tout son pourtour.

Toutes les cellules de la moelle, ou une partie seulement d'entre elles, peuvent se différencier tardivement en vaisseaux ou en sclérenchyme. Cette modification a lieu surtout à la base des racines vers leur région d'insertion sur la tige.

Dans le second type (espèces *xérophiles*), les productions libéro-ligneuses sont abondantes, formant un manchon continu. Le péricycle, collenchymatoïde, cloisonne ses cellules et, dans sa zone interne, se différencie en tissu criblé.

Hypocotyle. — Dans sa région inférieure, l'hypocotyle a la même structure que la racine principale. L'épiderme devient semblable à celui de la tige, avec stomates et poils peu nombreux. L'écorce légèrement chlorophyllienne augmente

un peu d'épaisseur vers l'insertion des cotylédons. Le système conducteur primaire est identique à celui de la racine principale : lame vasculaire bipolaire diamétrale et deux fascicules de tissu criblé. De chaque côté du bois primaire se développent deux massifs libéro-ligneux secondaires sur lesquels s'insèrent, chacun par deux branches et dans le plan du bois primaire, les faisceaux des cotylédons.

La lame ligneuse primaire se termine tout près de l'insertion des cotylédons ou quelquefois vers le milieu de l'hypocotyle. Les vaisseaux les plus âgés sont écrasés, les vaisseaux centraux viennent se mettre en rapport avec les vaisseaux les plus internes des deux massifs secondaires.

CHAPITRE II

LA TIGE

Suivant l'arrangement du système conducteur, la structure de la tige des Primulacées se ramène à deux types :

I. Structure normale, commune à la majeure partie des Dicotylédones : *Les faisceaux foliaires du sommet de la tige, distincts et inégalement distants du centre, se groupent plus bas en une couronne libéro-ligneuse continue*, comprenant un péricycle prosenchymateux, un appareil criblé et un appareil vasculaire concentriques.

II. Structure anormale : *les faisceaux foliaires du sommet de la tige*, collatéraux comme dans le cas précédent et disposés de la même manière, *se prolongent* dans la tige *en faisceaux concentriques*, disposés sur un cercle, ou disséminés irrégulièrement dans le parenchyme, ou encore fusionnés en une couronne anormale continue ou discontinue.

MM. Van Tieghem et Douliot ont expliqué ces structures anormales dans leur mémoire sur la Polystélie (1). Nous allons discuter la Polystélie des Auricules.

(1) Voy. *Historique*.

On considère généralement le cylindre central de la tige comme un tout autonome comparable au cylindre central de la racine. Cette conception nous paraît discutable. Pour peu qu'on étudie la structure d'une tige quelconque tout à fait au sommet, on constate la séparation des traces foliaires au milieu du parenchyme fondamental. Le cylindre central n'existe plus à ce niveau. Si les feuilles sont alternes, les sections des traces foliaires sont disposées sur une spirale ; les plus externes correspondent aux feuilles les plus développées dans la région considérée.

Si les feuilles sont verticillées, par deux, par exemple, la section transversale, qui passe un peu au-dessous de l'insertion des deux mamelons foliaires les plus jeunes, montre les deux traces foliaires correspondantes tout à fait distinctes. Il n'y a pas de séparation entre le parenchyme médullaire et le parenchyme cortical. Plus bas, entre ces deux traces foliaires viennent se placer les traces foliaires des deux feuilles plus âgées. Elles deviennent plus ou moins confluentes et le cylindre central est constitué. S'il existe des faisceaux caulinaires proprement dits, ils se différencient plus bas. Ces faits ne permettent-ils pas de mettre en doute l'autonomie du cylindre central?, et par suite d'enlever à la tige une partie de l'importance morphologique qu'on est convenu de lui accorder. On a déjà émis bien des fois l'idée que la tige n'est pas un membre autonome, mais une association de rachis phytonaires. C'est notre manière de voir.

L'étude du sommet végétatif est venu la consolider. Nous n'avons pu distinguer, en aucun cas, dans le sommet végétatif de ces plantes, au-dessus des mamelons foliaires les plus jeunes, des initiales propres au cylindre central, des initiales propres à l'écorce.

Ces faits acquis, nous avons interprété la structure des *Auricules* d'une manière différente de MM. Van Tieghem et Douliot. Tout d'abord il est évident au point de vue physiologique que l'ensemble des « Stèles » d'une Auricule est équivalent au cylindre central d'une tige normale.

Pour M. Van Tieghem, chaque stèle est morphologiquement équivalente à la stèle unique des tiges normales. Les raisons qu'il donne sont les suivantes :

1° Autour de chaque stèle, les cellules du parenchyme fondamental sont disposées en séries radiales et concentriques, comme c'est le cas autour de la stèle de la tige normale et de la racine. — Mais cette sériation des cellules de l'écorce ne peut servir rationnellement à caractériser le cylindre central. On l'observe autour d'un système conducteur quelconque, à la condition que le parenchyme environnant ait besoin de s'accroître. Autour des traces foliaires de beaucoup de pétioles, des pétioles plus ou moins cylindriques surtout, autour des faisceaux tertiaires de la racine d'*Œnanthe crocata*, le parenchyme est disposé en séries radiales et concentriques.

2° Chaque stèle est entourée par un endoderme. — Mais la gaine endodermique peut revêtir n'importe quel système conducteur.

3° Sous l'endoderme vient un péricycle parenchymateux.

4° Le liber forme des groupements distincts et à chacun d'eux correspond vers l'intérieur un groupe vasculaire constituant avec lui un faisceau libéro-ligneux. — Mais chaque stèle est le résultat de la différenciation d'un cordon procambial homogène. En dehors des anastomoses et des insertions des traces foliaires, le bois forme au centre une masse compacte entourée par une couronne continue de tissu criblé formé de fascicules d'éléments criblés et de cellules parenchymateuses tout comme le tissu criblé des tiges normales et des feuilles. On sait que le tissu criblé ne se différencie pas au contact du parenchyme fondamental dans la tige et la racine ; ici il y a au moins une assise de fibres primitives qui l'en séparent et qui constituent ce que les auteurs appellent le Péricycle.

Comment alors interpréter ces faisceaux et définir les tiges dites polystèles ?

Pour nous, ces cordons libéro-ligneux sont des faisceaux

anastomotiques comme ceux que l'on rencontre dans le placenta des Primevères.

La tige des *Auricules* n'est pas définie anatomiquement au même titre que les tiges normales. C'est là une infériorité dont la cause nous échappe.

Ajoutons que tout au sommet des tiges polystèles et surtout des tiges gamostèles, les lames libéro-ligneuses concentriques deviennent collatérales, le bois et le liber situés à la face interne du bois centrifuge ne se développent pas.

Un groupe considérable de Primevères présente cette structure anormale. Tournefort, il y a deux siècles, avait séparé le genre *Auricula* des *Primula* en se basant sur des caractères morphologiques. M. Van Tieghem a fait ressortir récemment la nécessité de cette distinction en invoquant ces divergences de structure.

Nous ne pouvons entrer ici dans de grands détails sur les variations si nombreuses que présentent ces anomalies. Nous renvoyons le lecteur à la partie descriptive de notre travail.

Certaines espèces, comme le *P. denticulata* Smith, ont été classées parmi les espèces gamostèles; nous avons montré comment il faut interpréter leur structure, page 96.

Les genres *Bryocarpum* (1 esp.), *Dodecatheon*, *Cyclamen* s'écartent aussi du type normal. Nous sommes les premiers à présenter l'anatomie du *Bryocarpum*; le *Dodecatheon* avait été étudié d'une manière insuffisante.

Malgré ces exceptions, on peut reconnaître dans la tige des Primulacées un certain nombre de types de structure qui, dans l'ensemble, offrent encore une certaine unité. Ce sont des *types physiologiques* caractérisés par leur port et leur structure.

Ces types sont au nombre de trois : le type à port de *Primula*, le type à port de *Lysimachia*, le type à port d'*Aretia*. Les deux premiers sont hygrophiles, le troisième est xérophile.

Le type *Primula* a une tige feuillée très courte, qui s'enfonce graduellement dans le sol, chez les espèces vivaces.

Cette tige présente normalement : 1° un épiderme avec deux formes de poils; 2° une écorce parenchymateuse avec endo-

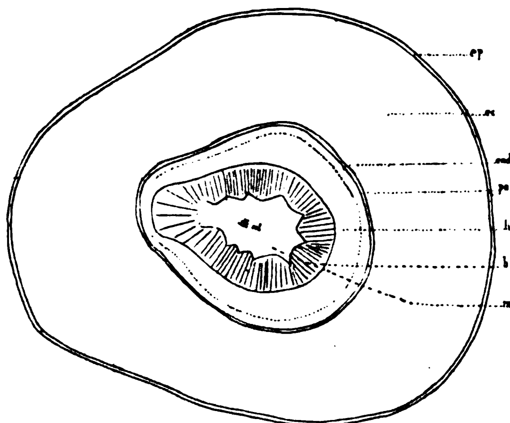


Fig. 4. — *Primula acaulis.* — Section transversale d'une tige.

derme normal ; 3° un système conducteur en couronne continue de composition caractéristique ; 4° une moelle parenchymateuse homogène. Comme ces tiges sont peu élevées ou couchées, le péricycle y reste cellulosique dans la plupart des cas. Il s'y développe parfois un système conducteur surnuméraire, un réseau radicifère dans certaines Primevères (*P. officinalis*) dans *Bryocarpum*, dans *Dodecatheon*.

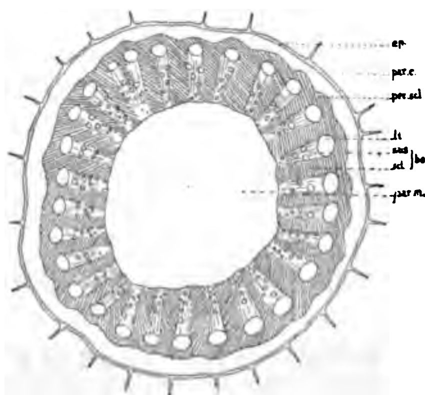


Fig. 5. — Tige de *Lysimachia vulgaris.*

Chez les espèces vivaces du type *Lysimachia*, il y a des rhizomes différenciés et des tiges feuillées longues et dressées. La tige peut se ramener à celle du type précédent. L'épiderme n'y présente qu'une forme de

poils, l'écorce est plus mince, le péricycle toujours sclérifié dans les tiges dressées, le tissu criblé beaucoup moins abondant, le bois plus régulièrement disposé à cause de la longueur plus grande des entre-nœuds.

Le type *Aretia* est franchement xérophile. Il comprend les genres *Aretia*, *Androsace* (partim), *Dionysia*, *Douglasia*, xérophiles alpins et le genre *Coris*, xérophile méditerranéen. En dehors des régions feuillées, l'écorce s'exfolie complètement, sauf l'endoderme. Cette assise protectrice prend des caractères spéciaux, les cellules primitives se cloisonnent activement dans le sens radial et transversal. A la surface de la lamelle primitive subérifiée, se fait un épaississement cellulosique du côté interne.

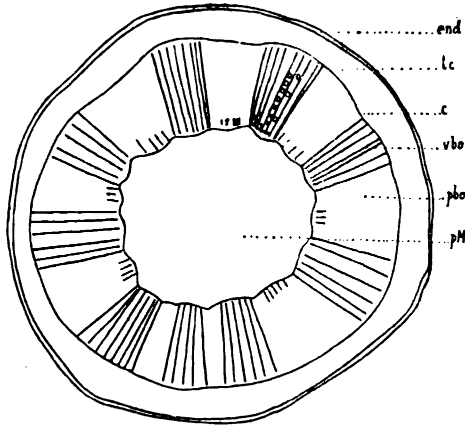


Fig. 6. — *Douglasia vitaliana.*

Le liber prend un volume considérable. Il s'accroît à la fois par le cloisonnement du péricycle et par l'activité de l'assise génératrice normale. De plus, le liber prend un aspect collenchymatoïde très accusé.

Le bois s'accroît dans la même proportion ; il peut même finir par oblitérer la moelle. L'élément parenchymateux cellulosique y est abondant entre les vaisseaux, surtout dans la zone interne.

Voici la nomenclature des genres qui appartiennent à ces trois types physiologiques :

Type Primula : Tige feuillée courte, feuilles serrées, toutes groupées au niveau du sol.

Primula (partim), *Hottonia*, *Cortusa*, *Kaufmannia*, *Stimpsonia*, *Ardisiandra*, *Androsace*, *Pomatosace*, *Soldanella*, *Bryocarpum*, *Dodecatheon*.

Type Lysimachia : Rhizomes différenciés dans les espèces vivaces et tiges dressées.
Lysimachia, *Lubinia*, *Steironema*, *Naumburgia*, *Trientalis*, *Glaux*, *Anagallis*, *Centunculus*, *Apocoris*, *Asterolinum*, *Pelletiera*.
Type Aretia : Plantes gazonnantes à feuilles aciculaires.
Androsace (partim), *Aretia*, *Dionysia*, *Douglasia*, *Coris*.

Les *Cyclamen* n'entrent pas dans ce cadre, à cause de leur adaptation spéciale. Au lieu de résister à la sécheresse par la constitution même de sa tige et de ses feuilles, il possède une abondante réserve d'eau dans son tubercule.

L'anatomie du *Bryocarpum himalaicum* tient à la fois de l'anatomie du *Pr. officinalis* et du *Pr. denticulata*.

Les bandes libéro-ligneuses, plus ou moins fractionnées et disposées sur un cercle, ont à la face externe du tissu criblé normal un système libéro-ligneux radicifère, localisé aux points d'insertion des racines.

Le système conducteur du pétiole est en anneau continu à la base de cet organe. Il se continue en s'ouvrant un peu à travers l'écorce, et vient s'anastomoser avec les bandes conductrices de la tige, de telle sorte que celles-ci présentent, à la face interne de l'appareil vasculaire normal, des lames libéro-ligneuses plus ou moins interrompues.

La modification des *Dodecatheon* est d'un autre ordre. A aucun niveau, le système conducteur de la tige ne forme un manchon continu. Il est dissocié en lames plus ou moins étalées, ou en faisceaux à section ovalaire ou arrondie. Tantôt ces lames ont la structure normale : bande de liber vers l'extérieur, bande ligneuse interne; tantôt, elles ont la structure des lames libéro-ligneuses du *P. denticulata*. A leur face externe, il peut y avoir différenciation d'un réseau radicifère. Les faisceaux ovalaires ou arrondis sont normaux, ou accompagnés également d'une lame libéro-ligneuse radicifère, ce qui les fait ressembler à des faisceaux collatéraux superposés.

Le mécanisme de l'exfoliation de l'écorce est digne de remarque. Lorsque les cellules épidermiques sont usées par le frottement. le parenchyme cortical se transforme en

un tissu de cicatrisation. Sans donner généralement naissance à un liège proprement dit, il subérifie directement ses membranes. Au fur et à mesure que les couches superficielles se détruisent, le tissu de cicatrisation avance vers le cylindre central et atteint finalement l'endoderme. L'endoderme résiste à l'usure par la vitalité de ses cellules, dont les parois s'épaississent à la face interne de la membrane primitive subérifiée. Pour éviter la rupture de ses éléments, rupture qu'amènerait fatalement l'accroissement en diamétre du cylindre central, l'endoderme divise ses cellules par une série de cloisons longitudiuales radiales, et par quelques cloisons transversales.

CHAPITRE III

LA FEUILLE

Pétiole. — Le système conducteur du pétiole ou de la région pétiolaire des feuilles qui n'ont pas de pétiole différencié se compose d'une trace foliaire unique à son insertion.

Il n'y a d'exception que chez les types aberrants, comme les *Auricula*, les *Dodecatheon*, qui présentent d'ailleurs aussi une tige à structure anormale. Ces types ont une trace foliaire plurifasciculée, ce qui constitue un caractère d'infériorité, d'après les travaux de M. Ad. Chatin (1).

Le pétiole unifasciculé apparaît comme un caractère de supériorité des Primulacées.

Contrairement à l'opinion de M. Petit, c'est tout à fait à la base du pétiole qu'il faut chercher la caractéristique anatomique du pétiole, car la ramification peut intervenir à un niveau inférieur au niveau *caractéristique* de M. Petit (2). On sait que ce botaniste place ce niveau au sommet du pétiole.

(1) Ad. Chatin, *Signification du nombre et de la symétrie des faisceaux libéro-ligneux du pétiole* (Bull. Soc. bot. Fr., 1898).

(2) L. Petit, *Le pétiole des Dicotylédones* (Mém. de la Soc. des Sc. de Bordeaux, 1887).

La ramification de la trace foliaire peut même se faire avant la séparation du pétiole de la tige, dans celle-ci même, aussitôt que la trace foliaire se sépare du cylindre central. La trace foliaire peut varier de forme et de volume. Dans les espèces du *type physiologique Primula.* elle est volumineuse, tantôt légèrement arquée (*P. sinensis*) (fig. 7), tantôt

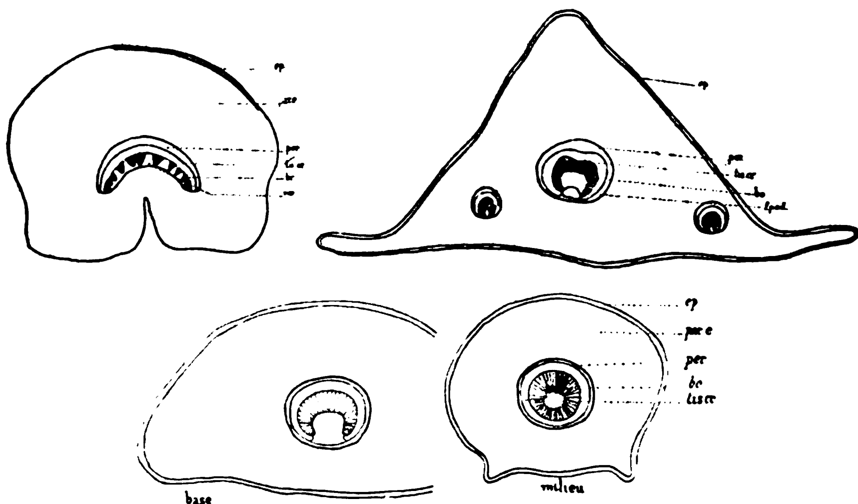


Fig. 7, 8 et 9. — Schéma des pétioles; 2° de *Primula sinensis;* 2° de *P. acaulis* 3° de *Soldanella montana; ep,* épiderme; *par. e,* parenchyme fondamental externe; *per,* périderme; *tis. cr,* tissu criblé; *bo,* bois.

arquée à bords repliés vers l'intérieur (*P. denticulata*), tantôt formant un cordon concentrique formé par le rapprochement des bords (*P. acaulis*, *Soldanella alpina*) (fig. 8 et fig. 9).

Dans les espèces du *type physiologique Lysimachia*, la trace foliaire est plus réduite. Sa section est flabelliforme (fig. 10) : *L. vulgaris*, *Anagallis arvensis*.

C'est dans les types xérophiles que la trace foliaire est la plus réduite; sa section est simplement ovalaire : *Douglasia vitaliana* et toutes les espèces du *type physiologique Aretia* (fig. 11).

En résumé, le système conducteur du pétiole des Primulacées fournit une caractéristique anatomique très importante.

Les différences que présentent les deux types hygrophiles *Primula* et *Lysimachia* nous serviront à caractériser

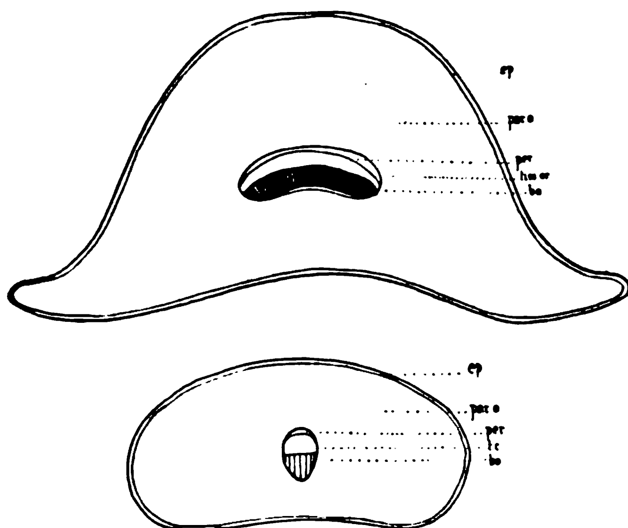


Fig. 10 et 11. — Schéma du pétiole de *Lysimachia vulgaris* et de la base de la feuille de *Douglasia vitaliana.*

deux séries dans la famille des Primulacées. On pourra appeler ces deux séries des sous-familles : la sous-famille des *Primuloïdées* et la sous-famille des *Lysimachioïdées*. La morphologie externe suffit seule à établir cette division ; nous le démontrerons à la fin de cette IIIe partie.

L'écart que présentent les espèces du *type physiologique Aretia* doit être imputé uniquement à l'adaptation au milieu xérophile. L'étude du genre *Androsace*, intermédiaire entre le genre *Primula* et le genre *Aretia*, le démontre nettement ; il renferme des espèces hygrophiles qui ont une trace foliaire de *Primula* et des espèces xérophiles qui ont une trace foliaire d'*Aretia*.

La composition histologique de la trace foliaire est invariable. Elle comprend : 1° plusieurs assises de fibres primitives externes, collenchymatoïdes en général, quelquefois lignifiées ; 2° une bande de tissu criblé ; 3° une assise génératrice ; 4° un cordon vasculaire dont les vaisseaux sont dis-

posés en files radiales très régulières ; 5° plusieurs assises de fibres primitives internes. La composition histologique de l'appareil conducteur du pétiole comme celui des autres organes est d'une homogénéité frappante.

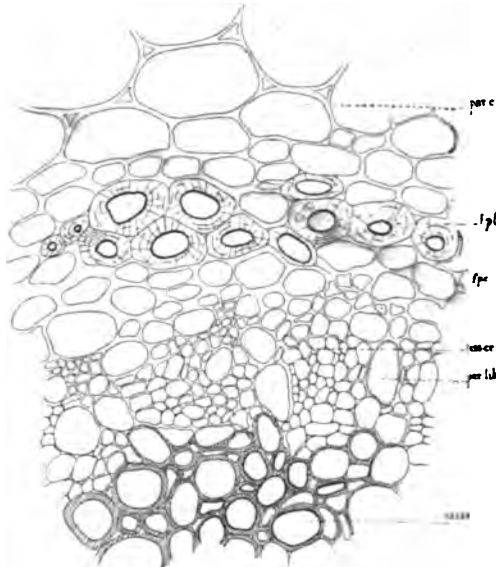


Fig. 12. — Section transversale d'une portion du système conducteur d'un pétiole (*Primula elatior*).

Le parenchyme fondamental du pétiole n'offre aucune particularité. Il est légèrement collenchymatoïde sous l'épiderme.

L'épiderme est semblable à celui de la tige avec des cellules plus volumineuses.

Limbe. — Le limbe a toujours une structure bifaciale, avec une tendance plus ou moins accusée vers la structure centrique dans les espèces xérophiles.

C'est dans les *Auricules* que la différenciation est poussée le moins loin. Il y a encore là un indice d'infériorité.

Examinons les caractères généraux que fournissent l'épiderme, le mésophylle ou parenchyme foliaire, la nervation ou système conducteur considéré dans son ensemble.

Épiderme. — Dans la majorité des espèces, l'épiderme est

semblable sur les deux faces. Dans les régions comprises entre les nervures saillantes, les cellules ont leurs parois radiales ondulées. A la face interne, les cellules sont plus volumineuses qu'à la face externe. Il y a des stomates des deux côtés de la feuille, toujours en plus grand nombre sur la face inférieure. Les poils sont de deux formes : tri-cellulaires courts, à cellule terminale simple ou divisée radialement et *n*-cellulaires longs à cellule terminale sphérique ou acuminée. Cette dernière forme manque quelquefois chez les *Primuloïdées*, elle manque très souvent chez les *Lysimachioïdées*.

La forme typique qui constitue au moins un caractère de famille est la forme *à parois radiales curvilignes ondulées*. La seule différence réside dans l'état généralement plus sinueux des cellules de l'épiderme inférieur et dans leur dimension moindre ; c'est un phénomène d'adaptation d'ordre général : la face supérieure de la feuille est plus soumise aux agents qui activent la transpiration et l'évaporation. L'épiderme est un réservoir d'eau dont les dimensions augmentent avec les causes de déperdition. Ce fait est frappant chez les plantes qui habitent des stations sèches et qui possèdent des racines pénétrant faiblement dans le sol. Ainsi l'*Asterolinum stellatum* a des cellules épidermiques volumineuses des deux côtés de la feuille.

Cependant quand les feuilles sont aciculaires (c'est une forme fréquente chez les plantes xérophiles), on peut ne trouver sur la feuille que des cellules épidermiques prismatiques. L'étude d'un nombre suffisant d'espèces montre toujours des formes de transition ; les espèces du genre *Androsace* sont intéressantes à ce point de vue.

Les stomates occupent fréquemment un niveau légèrement supérieur à celui des cellules environnantes. C'est là un *caractère d'hygrophilie*. Le *Primula sinensis*, le *Cortusa Matthioli* le montrent très développé (fig. 13). Ce caractère est primitif selon nous. Les types xérophiles sont déterminés par une adaptation ultérieure, manifeste dans les

espèces du genre *Dionysia*. Les *Dionysia* protègent, en général, leur mésophylle contre une trop grande évaporation en recouvrant les stomates d'un véritable feutrage de poils mécaniques. Cette protection est encore poussée plus loin par la courbure des bords de la feuille enfermant les stomates dans deux sillons longitudinaux (*D. revoluta*).

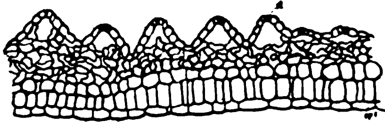


Fig. 13. — Coupe transversale (demi-schématique) du limbe foliaire de *Cortusa Matthioli*, pour montrer le niveau des stomates.

Enfin l'épiderme des Primulacées présente deux formes de poils : poils capités à cellule terminale remplie d'huile essentielle, et poils mécaniques. Ceux-là existent partout : ceux-ci sont propres aux espèces xérophiles ; c'est une forme d'adaptation. Nous décrirons ces poils avec plus de détails au chapitre consacré à l'histologie.

Mésophylle. — Le mésophylle est nettement bifacial. Il comprend normalement sous l'épiderme supérieur une seule assise de cellules palissadiques, parfois deux, passant à des cellules tabulaires aplaties parallèlement au plan de la feuille et devenant de plus en plus rameuses à mesure qu'elles s'approchent de l'épiderme supérieur.

La différenciation palissadique se produit très tôt. Dans les mamelons foliaires les plus jeunes, il est déjà possible de reconnaître l'assise palissadique différenciée dès l'origine. Cette observation explique la généralité du caractère fourni par le tissu palissadique et permet d'en faire un caractère systématique applicable à toute la famille.

Les espèces xérophiles ont un parenchyme palissadique plurisérié ou centrique. C'est là encore un phénomène d'adaptation en rapport avec les conditions biologiques où se trouvent ces plantes. Les espèces du type physiologique *Aretia* ont une période végétative très courte ; elles multiplient leur tissu assimilateur, les *Cyclamen* vivent à l'ombre et cherchent à utiliser le plus de lumière possible en augmentant l'épaisseur de leur tissu assimilateur.

Nervation. — La nervation des Primulacées est pennée, avec des caractères très distincts, suivant que l'on considère chacun des types physiologiques déjà caractérisés.

Dans le type *Primula*, la nervure médiane, ainsi que ses principales ramifications, viennent se terminer en hydatode, la première au sommet de la feuille, les autres dans les dents ou les pointes des lobes (fig. 14).

Dans le type *Lysimachia*, la nervure médiane seule se ter-



Fig. 14. — Nervation de la feuille de *Primula farinosa*, *hy*, hydatode.

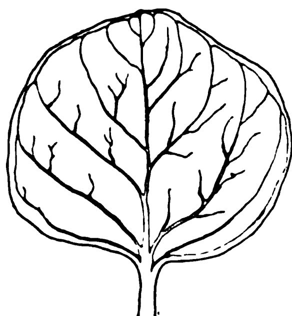


Fig. 15. — Nervation de la feuille de *Lysimachia Nummularia*.



Fig. 16. — Nervation de la feuille d'*Androsace villosa*.

mine en hydatode; ses ramifications sont reliées entre elles à leurs extrémités par des arcs marginaux formant une nervure marginale continue de la base au sommet de la feuille (fig. 15).

Les espèces du type *Aretia* ont une nervation pennée, pauvrement ramifiée. La nervure médiane se termine encore en hydatode (fig. 16).

Cotylédon. — Les cotylédons persistent peu de temps,

mais ils conservent toujours une structure plus ou moins embryonnaire qui est, à fort peu de chose près, la même partout, au moins pour ce qui concerne le mésophylle. L'épiderme est ce qu'il sera dans les feuilles végétatives, tous les caractères étant moins accusés ; ainsi il y a moins de stomates, moins de poils, les cellules sont généralement moins ondulées.

Déjà dans la graine, la structure du mésophylle tend à être bifaciale. L'assise sous-épidermique interne est formée de cellules très larges, mais régulièrement disposées. Dans les nombreuses espèces n'ayant qu'une seule assise de tissu palissadique, on doit admettre que cette assise dérive d'une assise déterminée dès l'origine ; les larges cellules qui la composent se divisent par des cloisons perpendiculaires à la surface. Quand il doit y avoir plusieurs assises palissadiques, les cellules primitives se divisent plusieurs fois tangentiellement.

L'appareil conducteur est toujours peu développé ; tous les faisceaux ont la structure normale et présentent une section ovalaire. La distribution est la même que dans la feuille avec une seule hydatode.

II

L'appareil reproducteur des Primulacées.

CHAPITRE PREMIER

LES TIGES FLORALES

Inflorescence. — Les modes de groupement des fleurs chez les Primulacées peuvent se rallier à deux types généraux :

1° Les fleurs sont isolées à l'aisselle des feuilles végéta-

tives, presque sessiles (*Glaux*) ou portées par un pédoncule (*Anagallis*).

2° Les fleurs sont en grappe terminale, grappe simple (*Lysimachia Ephemerum*), grappe contractée (*Primula*), grappe complexe (*Lysimachia vulgaris*).

Dans le premier type, les fleurs ont déjà une tendance à se rapprocher de l'extrémité des rameaux végétatifs. Au point de vue systématique, il est important de remarquer que la grappe contractée en fausse ombelle est propre à la série des Primuloïdées, que les fleurs isolées, les inflorescences en grappe sont propres à la série des Lysimachioïdées. La valeur systématique de ces deux groupes ira ainsi en s'accusant jusqu'à la fin de notre travail ; nous en résumerons alors les caractères distinctifs.

Hampe florale. — Les genres *Primula*, *Androsace*, *Ardisiandra*, *Cortusa*, *Soldanella*, *Bryocarpum*, *Pomatosace*, *Stimpsonia*, ont une hampe florale dépourvue de feuilles. Elle possède la structure commune à la majorité des tiges florales des Dicotylédones. L'épiderme est muni de stomates et de poils, de même forme que ceux que portent les autres organes de l'espèce considérée. L'écorce est parenchymateuse homogène, d'épaisseur variable avec les genres, tantôt compacte, tantôt lacuneuse. Le système conducteur comprend un péricycle lignifié issu du méristème vasculaire primitif, un cercle de faisceaux libéro-ligneux dont le nombre varie avec le nombre de fleurs que la hampe porte à son sommet. La moelle est large, parenchymateuse, homogène. Toutes ces régions anatomiques renferment des cellules tannifères.

La disposition régulière des faisceaux libéro-ligneux peut être exceptionnellement altérée. Quand ils sont trop nombreux, ils fusionnent leurs libers en lames plus ou moins étendues. Les faisceaux ligneux ont, dans ce cas, une forme et des dimensions très inégales.

Le développement successif des différentes fleurs d'une inflorescence de Primula, permet d'affirmer que cette inflorescence est une grappe. Dans *P. obconica* Hance, l'angle

de divergence de deux bractées florales successives atteint environ un tiers de circonférence. En se plaçant dans le plan qui divisera en deux parties égales l'inflorescence penchée, on voit se développer les fleurs alternativement de chaque côté (fig. 18). Dans *P. capitata* Hooker, les fleurs sont presque sessiles, étroitement serrées les unes contre les autres, au sommet. Elles s'épanouissent successivement suivant une spirale. Une série de coupes transversales, faites au sommet de la hampe, montre aussi la nature morphologique de l'inflorescence (fig. 19). Le cercle de faisceaux conducteurs s'élargit. Les faisceaux destinés aux pédoncules floraux s'écartent successivement du centre. Chaque groupe se masse en deux bandes latérales et un faisceau externe.

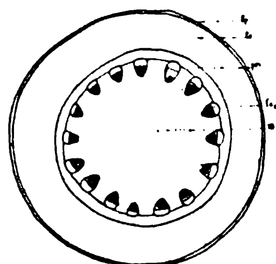


Fig. 17. — Coupe transversale schématique d'une hampe florale de *Primula sinensis*; *Ep*, épiderme; *Ec*, écorce; *pe*, péricycle; *fc*, faisceaux libéro-ligneux *m*, moelle.

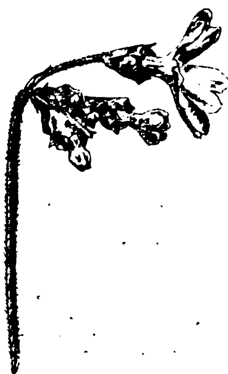


Fig. 18. — Jeune inflorescence de *Primula obconica*, pour montrer le développement successif des fleurs de la grappe contractée.

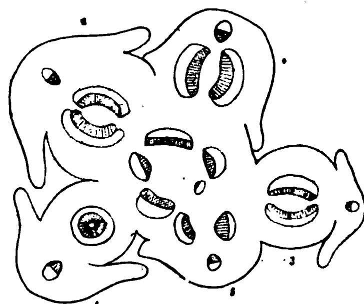


Fig. 19. — Coupe transversale schématique du sommet de la hampe florale de *Primula officinalis* à l'insertion des pédoncules floraux.

Ce dernier constituera la nervure médiane de la bractée. Ces différents systèmes divergent et se détachent successivement, suivant une spire.

Pédoncule floral. — Dans tous les genres pourvus d'une hampe florale, le plan de structure du pédoncule floral est le même que celui de la hampe, avec un nombre moindre de faisceaux libéro-ligneux, souvent cinq, quelquefois, six, sept, dix. Quand il y en a cinq, leur position est déterminée et coïncide avec le plan de symétrie antéro-postérieur du calice.

Dans tous les genres que nous groupons autour du genre *Lysimachia*, tous dépourvus d'une hampe florale, les faisceaux libéro-ligneux ne sont pas distincts ; le système conducteur forme une couronne continue qui se divise en dix faisceaux libéro-ligneux au sommet du pédoncule.

Dans les deux cas, le système conducteur s'unit à celui de la tige ou de la hampe par deux arcs libéro-ligneux qui, dans les Primuloïdées, se divisent en faisceaux libéro-ligneux bien définis et dans les Lysimachioïdées deviennent simplement contigus pour former un manchon libéro-ligneux.

Bractée florale. — Les dimensions des bractées florales varient beaucoup. Sans sortir du genre *Primula*, il suffit de comparer celles du *P. sinensis* ou du *P. verticillata* à celles du *P. farinosa*. Il en est de même dans le genre *Androsace*; citons *A. maxima* comme type à bractées florales volumineuses et *A. septentrionalis* comme type à bractées réduites.

Quand les bractées sont grandes, leur structure rappelle celle de la feuille. Cependant, il faut remarquer que fréquemment, la face externe a moins de stomates que l'interne ou même en est tout à fait dépourvue.

Le système conducteur est beaucoup moins développé, les nervures ne formant jamais de réseau à mailles fermées.

Dans les bractées de petite dimension, la structure est simplifiée, les contours des cellules épidermiques sont rectilignes ou peu s'en faut, les stomates sont surtout ou même exclusivement à la face interne. Le parenchyme est formé de cellules prismatiques volumineuses à la base, allant en se ramifiant vers le sommet.

Parcours des faisceaux dans le réceptacle floral. — Quelle que soit la disposition du système conducteur dans

le pédoncule, il y a toujours dix faisceaux libéro-ligneux à la base du réceptacle floral où s'éteint le péricycle. Cinq de ces faisceaux divergent plus que les cinq autres avec lesquels

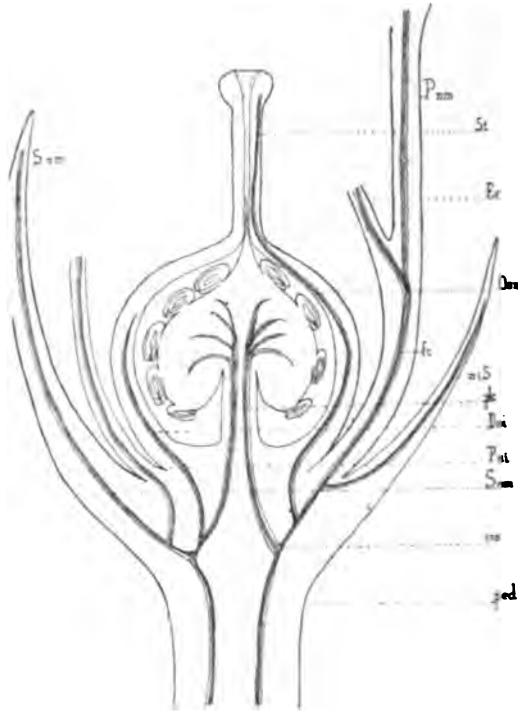


Fig. 20. — Section longitudinale schématique d'une fleur de *Primuloïdée; ped*, faisceau du pédoncule floral se divisant en faisceaux pétalaires *Pnm*, et sépalaires *Snm*, sur lesquels s'insèrent les faisceaux placentaires *plc*, en *ins*. *ms*, faisceau intercalaire du calice; *Pni*, faisceau intercalaire de la corolle; *Onm*, faisceau médian de la paroi ovarienne; *Oni*, faisceau intercalaire; *St*, prolongement du faisceau ovarien médian.

ils alternent ; ils se prolongent dans la nervure médiane des sépales en restant collatéraux sur toute leur longueur. Les cinq autres se transforment en faisceaux concentriques qui se dirigent dans la corolle. Au commencement de la divergence des dix faisceaux, les faisceaux placentaires viennent s'interposer et s'insérer latéralement sur les précédents (fig. 20).

Un peu plus haut, aux faisceaux pétalaires viennent s'unir

les cinq nervures médianes des carpelles. Lorsque la paroi ovarienne présente dix faisceaux au lieu de cinq, les cinq intercalaires viennent se relier aux faisceaux placentaires.

Le calice et la corolle présentent, outre les nervures médianes, des nervures intercalaires, dix pour le calice, cinq pour la corolle. Celles-ci vont s'unir aux faisceaux sépalaires, les dix autres aux faisceaux pétalaires un peu avant la séparation de la corolle, après s'être unis deux par deux.

Il y a lieu d'ajouter ici l'écart que présentent les genres : *Glaux* dépourvu de corolle, *Samolus* à ovaire semi-infère et *Coris* présentant un entre-nœud assez allongé entre le nœud du calice et celui de la corolle.

Dans le *Glaux*, les cinq faisceaux concentriques alternes avec les faisceaux sépalaires se rendent directement dans les étamines et à leur base s'insèrent les faisceaux de la paroi ovarienne, le reste se passant comme dans le cas général.

Dans le *Samolus*, les dix faisceaux que le pédoncule floral présente à son sommet se prolongent dans la paroi ovarienne, les faisceaux placentaires s'insérant sur eux tout à la base du réceptacle floral qui est très réduit ici. Cinq de ces faisceaux se prolongent dans la nervure médiane du calice; les cinq autres se divisent en deux branches au niveau de l'insertion de la corolle, la plus externe se rendant dans la corolle, l'autre se prolongeant dans la partie supérieure de la paroi ovarienne et de là dans le style.

Dans le *Coris*, les dix faisceaux du pédoncule se prolongent dans le calice. Les faisceaux placentaires s'unissent aux précédents avant leur entrée dans le calice; sur eux s'insèrent d'abord les faisceaux pétalaires, puis ceux de la paroi ovarienne.

Cet exposé rapide du parcours des faisceaux dans la base de la fleur, nous montre qu'à ce point de vue le rameau floral se comporte tout autrement que les rameaux végétatifs et si l'on compare ces observations avec le résultat des dernières recherches sur le système conducteur floral, on

voit que les Primulacées constituent une exception remarquable parmi les Phanérogames.

Le parenchyme conjonctif du réceptacle floral mérite d'attirer l'attention.

Dans la majorité des genres, les cellules y sont rameuses, plus grandes qu'ailleurs et possèdent des membranes épaissies, sauf dans la région médullaire où il est toujours compact, formé de cellules discoïdes à parois minces.

Dans la région comprise entre les deux cônes vasculaires formés vers le bas par l'épanouissement des faisceaux du pédoncule floral et vers le haut par l'épanouissement des faisceaux placentaires, une partie du parenchyme ayant la forme d'une lentille biconvexe, subérifie complètement ses membranes. Il en est de même de chaque côté de l'insertion de la corolle, puis sous cette insertion même; ce phénomène, ajouté à la compression due à l'augmentation de volume de la base de l'ovaire et du calice, détermine la chute de la corolle.

CHAPITRE III

LE CALICE

Le calice est gamosépale, à tous les degrés ; le tube peut être très long, comme dans le *Primula officinalis*, ou presque nul, comme dans les *Anagallis*. Sa structure varie de même. Ce qu'il y a de plus constant, c'est la distribution du système conducteur.

Sauf dans quelques fleurs de petite dimension, chaque sépale reçoit à sa base trois faisceaux libéro-ligneux, l'un formant la nervure médiane terminée en hydathode, les deux autres formant les nervures marginales. Ces nervures se ramifient un petit nombre de fois, sans former d'anastomoses. Elles se terminent à une petite distance du bord. A tous les niveaux et dans toutes les espèces, les faisceaux des nervures sont collatérales, à bois interne.

L'épiderme présente les mêmes caractères que celui de la feuille, avec un nombre de stomates généralement plus grand à la face interne et une accentuation plus marquée des stries cuticulaires, s'accusant surtout pendant la fructification.

Le plus souvent, un parenchyme lacuneux forme le mésophylle dans presque toute son étendue. A l'insertion des sépales, le parenchyme est prismatique, à parois minces ou collenchymateuses. Il devient lacuneux un peu plus haut et passe dans la partie libre des sépales à un tissu palissadique qui augmente vers le sommet, peut s'étendre sur la face externe et devenir centrique. Ce fait est très net dans le calice d'*Androsace maxima*.

CHAPITRE III

LA COROLLE

La corolle des Primulacées présente deux parties à considérer : le *tube* et le *limbe*. Il convient d'étudier parfois une région intermédiaire, la *gorge*.

En se basant uniquement sur la morphologie, on peut déjà grouper tous les genres de Primulacées en deux séries ; la première, comprenant autour du genre *Primula* tous ceux qui présentent un tube de longueur au moins égale au limbe portant les étamines insérées à un niveau supérieur à l'ovaire, la seconde comprenant les genres voisins de *Lysimachia* chez lesquels le tube est très court ou nul et les étamines insérées à un niveau inférieur à l'ovaire. Seul le genre *Coris*, qui est bien plus voisin des *Lysimachia* que des *Primula*, embarrasse dans ce groupement, parce qu'il possède une corolle fortement gamopétale. L'anatomie résout nettement cette difficulté.

En effet, il existe seulement deux modes de structure : le type *Primula* et le type *Lysimachia* auquel se rattache le *Coris*.

Type Primula. — a. *Tube*. Les cellules épidermiques et les cellules du parenchyme sont régulièrement prismatiques, à parois minces ne renfermant en général qu'un suc aqueux ; la cuticule est mince et ornée de stries droites, parallèles et verticales. — b. *Gorge et limbe*. Les cellules épidermiques deviennent polygonales et isodiamétriques vues de face. A la



Fig. 21. — Cellules épidermiques de la corolle de *Primula sinensis* et de *Lysimachia Ephemerum*.

face interne, elles se prolongent en général en papilles cylindro-coniques plus longues dans la région de la gorge où elles retiennent les grains de pollen. Ceux-ci s'attacheront aux insectes par lesquels s'opère la fécondation croisée. Le parenchyme revêt un caractère particulier ; les cellules en sont aplaties parallèlement à la surface et rameuses dans le plan du limbe.

Fréquemment, les cellules de l'épiderme externe présentent des replis internes analogues à ceux que l'on trouve dans les cellules épidermiques de la corolle des *Geranium*, dans les cellules du parenchyme des feuilles de Pin.

L'appareil conducteur est formé dans le tube par un système de dix nervures dont nous avons indiqué les insertions. De ces dix nervures, cinq ont une structure concentrique

sous l'insertion des étamines et prennent plus haut le type collatéral que possèdent dès la base les cinq nervures intercalaires.

Type Lysimachia. — La différence, que nous avons regardée comme importante en raison de sa généralité, ne porte que sur l'épiderme du limbe. Les cellules épidermiques sont *très allongées* dans le sens de la nervure médiane et présentent des contours curvilignes *ondulés* (fig. 21). Fréquemment sur la face interne, chaque cellule se prolonge en une *série de papilles* cylindro-coniques.

Dans les deux cas, *aucune nervure ne se termine en hydathode*, contrairement à ce qui a lieu dans la feuille.

Si l'on suit le développement de la corolle et des étamines, on remarque qu'à l'origine, les pétales et les étamines sont distincts. Plus tard seulement, lorsque l'étamine est différenciée, la partie du tube de la corolle située sous l'insertion des étamines prend naissance et s'accroît. Ce fait, rapproché de la structure concentrique des faisceaux médians du tube, permet de penser que la partie située sous l'insertion des étamines n'appartient pas à la corolle. C'est une région commune à l'étamine et au pétale correspondant. Il faut dès lors écarter l'hypothèse qui consiste à regarder l'étamine des Primulacées comme un appendice de la corolle.

CHAPITRE IV

L'ANDROCÉE

Les étamines sont toujours au nombre de cinq et oppositipétales, insérées sur ce qu'on considère, peut-être à tort, comme le tube de la corolle. Le filet est dorsifixe.

Dans la série des Primuloïdées, le filet est très court. Il ne dépasse pas la longueur de l'anthère. *Celle-ci est bifide à ses deux extrémités.*

Dans la série des Lysimachioïdées, le filet dépasse plusieurs

fois la longueur de l'anthère. *Celle-ci est mucronée à son sommet et bifide à la base seulement.*

Nous avons étudié la structure de l'étamine dans un nombre considérable d'espèces. Partout le filet et l'anthère ont présenté les mêmes caractères.

Le filet a une section circulaire ou légèrement aplatie dans le sens tangentiel. Il présente un épiderme formé de cellules prismatiques, toujours dépourvu de stomates, muni quelquefois de poils semblables à ceux que porte le reste de la plante (certains *Lysimachia*), ou tout à fait particuliers (les *Anagallis* et surtout l'*A. tenella*) (fig. 83). Sous l'épiderme, vient un parenchyme incolore, à cellules prismatiques ou cylindriques beaucoup plus longues que larges, droites ou quelque peu ondulées, de manière à laisser entre elles des lacunes longitudinales. Un *faisceau concentrique* à symétrie parfaitement axile occupe le sens du filet et se prolonge dans le connectif.

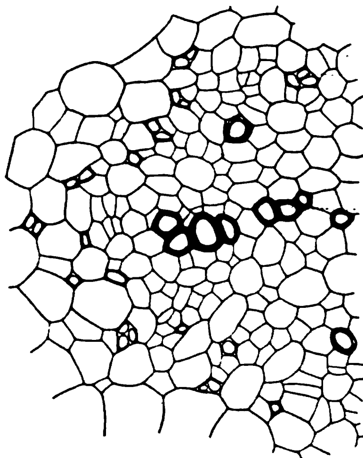


Fig. 22. — Coupe transversale de la moitié du faisceau staminal de *Cyclamen neapolitanum* gr. = 400, *tc*, tissu criblé; *b*, bois.

Le liber forme un anneau périphérique de fascicules criblés issus de la différenciation d'une seule cellule cambiale, fascicules séparés du parenchyme cortical par une seule assise de fibres primitives, séparées les uns des autres par un ou plusieurs de ces éléments. Le bois occupe le centre et se compose uniquement de vaisseaux, qui se différencient dans le sens radial. Entre le bois et le liber, il se produit un cambium à fonctionnement très limité, assez épais, mais ne fournissant que des vaisseaux.

L'anthère présente quelques variations dans sa forme

et ses dimensions ; mais sa structure est uniforme. Au moment où les grains de pollen sont encore enfermés par quatre dans leurs cellules mères, l'anthère est constituée à l'extérieur des sacs polliniques par un épiderme et un parenchyme encore méristématique traversé dans la région dorsale du connectif par le prolongement du faisceau concentrique du filet. A ce moment il y a, autour des sacs polliniques une seule assise de parenchyme nourricier qui difflue aussitôt que les grains de pollen sont indépendants.

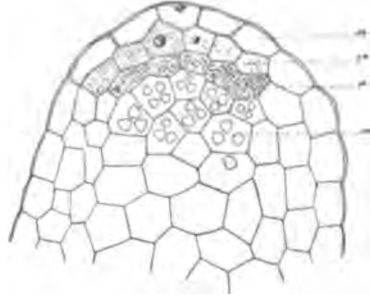


Fig. 23. — Section transversale d'une portion d'anthère jeune (*P. Forbesi*); *ep*, épiderme ; *pm*, assise mécanique externe ; *pn*, assise nourricière ; *cm*, cellules mères des grains de pollen (gr. = 400).

Les cellules épidermiques sont polygonales de face dans les Primuloïdées ; elles ont des contours ondulés dans les Lysimachioïdées. On y observe quelquefois des poils courts, tri-cellulaires et très rarement des stomates. Leur contenu disparaît de bonne heure, ce qui favorise la déhiscence de l'anthère.

Le parenchyme mécanique rentre dans le cadre des types décrits par M. Leclerc du Sablon (1). La description qu'il a donnée pour le *Lychnis dioica* s'applique à beaucoup de Primulacées : « Les cellules de l'assise fibreuse sont assez régulières et allongées transversalement ; la face interne porte des ornements nombreux parallèles à l'axe de l'anthère et prolongées dans les parois radiales (à leur face interne) par deux branches qui se terminent au contact de la face externe. Celle-ci est complètement dépourvue de parties lignifiées. On voit donc que tous les ornements ont la forme d'un U dont les branches sont tournées vers l'extérieur. »

Ces épaississements en U sont limités à une plage longi-

(1) Leclerc du Sablon, *Recherches sur la structure et la déhiscence des anthères* (Ann. des Sc. nat. Bot., 7e série, t. I, 1885).

tudinale, de chaque côté de la ligne de déhiscence. Au delà, vers le connectif, le parenchyme mécanique devient plus épais, envahissant plus ou moins tout le connectif ; les épais-

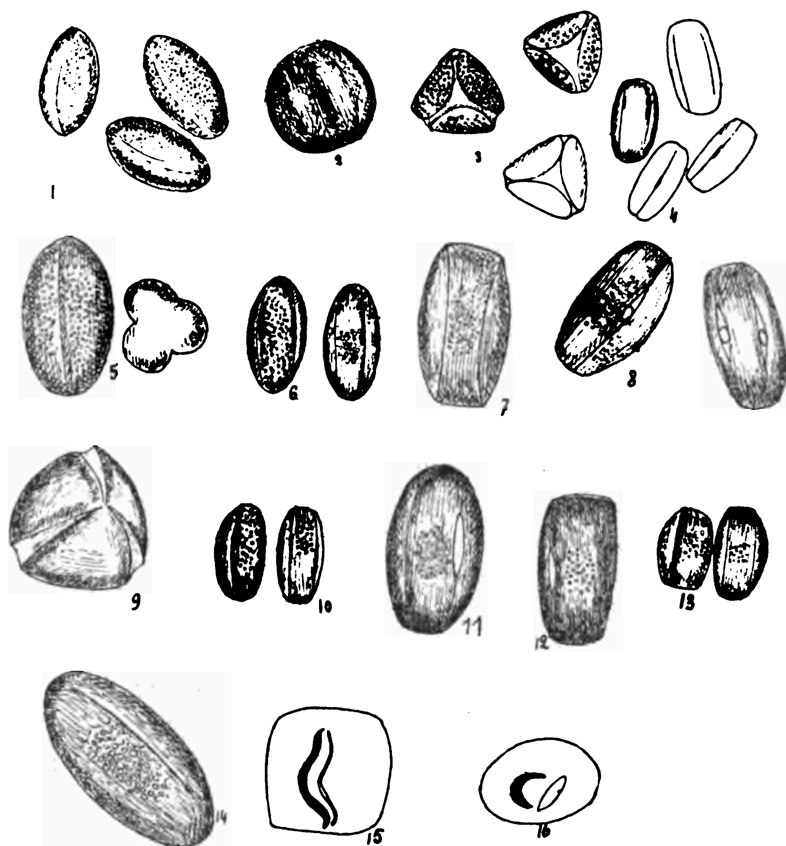


Fig. 24. — Principales formes des grains de pollen : 1, *Primula sinensis;* 2, *P. elatior;* 3, *P. Forbesi;* 4, *Androsace villosa;* 5, *Hottonia palustris;* 6, *Samolus Valerandi;* 7, *Lysimachia Nummularia;* 8, *Steironema ciliatum;* 9, *Trentalis europæa;* 10, *Asterolinum stellatum;* 11, *Anagallis phœnicea;* 12, *Cyclamen Coum;* 13, *Cyclamen libanoticum;* 14, *Coris monspeliensis;* 15, *Cyclamen Coum* et 16 *Lysimachia verticillata*, grains traités par le *carmin aluné*.

sissements y deviennent spiralés. Ces cellules se contractent sur toute leur surface et aident par suite les cellules U à déterminer la déhiscence. Souvent aussi tous les épaississements sont spiralés.

Le type du *Malva sylvestris*, que M. Leclerc du Sablon étudie en premier lieu, n'est qu'une modification du type précédent, une complication renforçant la puissance des éléments mécaniques. En effet, dans ces « cellules à griffes », les parties coudées des U sont unies entre elles par un épaississement couvrant presque toute la face interne des cellules. Ce type se rencontre chez les Primulacées (*Coris*), mais très rarement.

Pollen. — A peu d'exceptions près, les grains de pollen sont ellipsoïdes un peu aplatis suivant trois faces dans le sens longitudinal. Ils présentent trois plis méridiens ayant trois pores en leur milieu. La surface est toujours finement ponctuée (fig. 25).

La cloison en verre de montre qui sépare le grain jeune en deux cellules disparaît à la maturité. Le protoplasme est finement granuleux, coloré en jaune clair par de fines gouttelettes d'huile. Les deux noyaux sont inégaux, en forme de fuseau et tordus en spirale comme des anthérozoïdes. Le plus volumineux, noyau fécondant, se colore toujours beaucoup plus par les réactifs que le noyau végétatif (fig. 25, 15 et 16).

CHAPITRE V

LE PISTIL

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — L'épiderme est nettement bifacial. A la face externe, les cellules ont des contours rectilignes. De face leur contour est polygonal et isodiamétrique. Il y a, en général, des poils tri-cellulaires courts disséminés en petit nombre sur toute la surface. Les stomates sont moins fréquents et sont quelquefois localisés, soit à la base, soit au sommet de la paroi ovarienne. Les cellules de l'épiderme interne sont très étroites et très longues.

Les stries cuticulaires externe sont parallèles, ondulées et ne passent pas d'une cellule à l'autre au-dessus des cloisons

radiales où il se forme tardivement de petites stries transverses. Ces ornements de la cuticule s'accusent fortement pendant la maturation des graines. A la face interne, la cuticule est mince et reste lisse.

L'épaisseur du parenchyme varie avec les genres, suivant le volume de l'ovaire. Ainsi les *Cyclamen* ont une paroi ovarienne épaisse comprenant à la base six à huit assises de cellules, tandis que les *Centunculus* et *Asterolinum* n'ont à la base de l'ovaire qu'une épaisseur de deux assises de cellules.

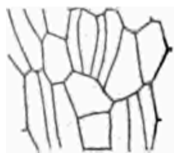
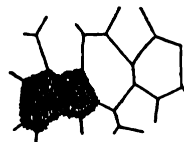



Fig. 25. — Epiderme externe et interne de la paroi ovarienne de *Lysimachia Ephemerum*.

Au sommet de l'ovaire, l'épaisseur du parenchyme est toujours plus grande.

Dans toute la région inférieure, les cellules sont prismatiques ou polyédriques, toutes semblables ; plus haut, au niveau où doit se produire la déhiscence, la forme des cellules se différencie ; vers la face interne, elles sont prismatiques et très longues ; vers la face externe, elles sont plutôt polyédriques. Cette disposition est déjà en rapport avec la déhiscence de la capsule.

Les faisceaux libéro-ligneux, au nombre de cinq ou de dix, sont très réduits et ne se développent qu'après la différenciation déjà avancée des faisceaux placentaires ; ils sont collatéraux et le liber a une tendance à envelopper le bois ; ils forment le passage de faisceaux collatéraux aux faisceaux concentriques.

Ces faisceaux courent dans la paroi ovarienne très près de l'épiderme interne dont ils sont séparés à peine par une ou deux assises de parenchyme. Cette disposition est favorable à la déhiscence du fruit.

Style. — Le style est cylindrique ou légèrement conique. Dans toutes les Primuloïdées, il est renflé en stigmate papilleux à son sommet. Dans les Lysimachioïdées, il n'y

a pas destigmate, la pointe est mousse et papilleuse.

L'épiderme externe est formé de cellules prismatiques régulières, entremêlées de poils sécréteurs, renflées au sommet en papilles stigmatiques (fig. 26).

Cinq faisceaux libéro-ligneux, prolongement des cinq nervures médianes de l'ovaire, parcourent le parenchyme dans toute son étendue, réduits à quelques éléments criblés et vasculaires, divisant le parenchyme en deux zones. La zone externe est réduite à deux assises de cellules prismatiques, courtes; la zone interne comprend des cellules de plus en plus allongées vers le canal stylaire. Elles contiennent un protoplasme très dense et constituent le parenchyme conducteur.

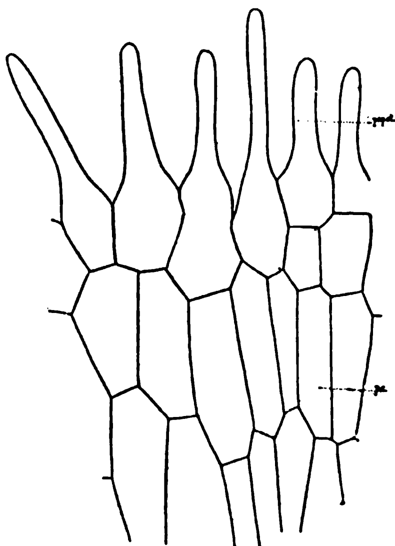


Fig. 26 — Région périphérique du stigmate de *Primula elatior* en coupe transversale (gr = 100 diam.); *pap. st*, papilles stigmatiques; *pc*, parenchyme conducteur.

Quand le style persiste dans le fruit, toute la zone interne se sclérifie fortement (fig. 31).

Dans la plupart des genres, la partie inférieure du canal stylaire est occupée par un prolongement purement parenchymateux du placenta.

Placenta. — Le placenta comprend une pédicelle cylindrique et une région ovulifère arrondie ou conique qui dans la plupart des genres se prolonge dans le canal stylaire.

Les cellules épidermiques sont très peu caractérisées, rarement cutinisées; nous avons fréquemment observé à leur surface une mince couche de substance mucilagineuse servant probablement au développement des tubes polliniques. Parfois ces cellules sont prolongées en papilles courtes.

Le parenchyme du pédicelle est formé de cellules pris-

matiques régulières très courtes, disposées en files verticales qui vont s'épanouir en gerbes dans la région ovulifère où, par les progrès de la croissance, elles deviennent polyédriques, volumineuses et perdent cette disposition régulière.

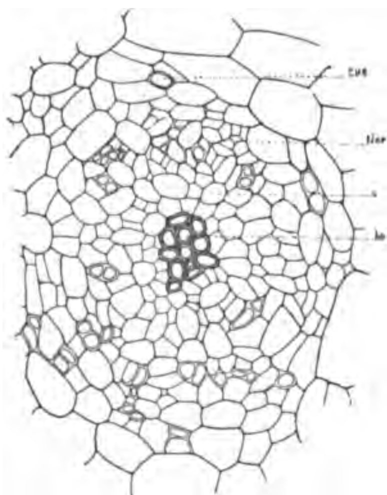


Fig. 27. — Coupe transversale d'un faisceau placentaire de *Primula acaulis* *ti.cr*, tissu criblé; *c*, cambium; *bo*, bois.

Le système conducteur est formé par cinq à dix faisceaux, concentriques, au moins sur une partie de leur parcours (fig. 27). Dans les *Lysimachioïdées* et quelques *Primuloïdées*, le bois et le liber ne se développent pas vers la face externe. Ce phénomène peut se produire sur les faces radiales du faisceau; on a ainsi des faisceaux libéro-ligneux orientés inversement, mais ce sont toujours des faisceaux indéterminés au point de vue de l'orientation et qui ne sont pas homologues, des faisceaux collatéraux des hampes florales, par exemple (fig. 28).

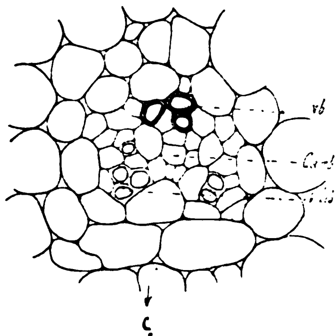


Fig. 28. — Coupe transversale d'un faisceau placentaire de *Lubinia spathulata* Vent. *vb*, bois; *camb*, cambium; *v lib*, tissu criblé; *c*, centre du placenta.

Dans la masse placentaire, ces faisceaux se ramifient vers les ovules à un ou plusieurs niveaux, sans les atteindre. Ils se prolongent jusqu'à eux par un groupe de cellules conductrices non différenciées. Ces terminaisons sont collatérales.

Dans le *Primula farinosa*, dans les *Douglasia*, les *Asterolinum* et autres *Lysimachioidées* de petites dimensions,

dans le *Coris*, les faisceaux placentaires au-dessus de leur insertion s'unissent de manière à former une colonne libéro-ligneuse centrale qui atteint le milieu du placenta et ne s'y ramifie pas (fig. 29).

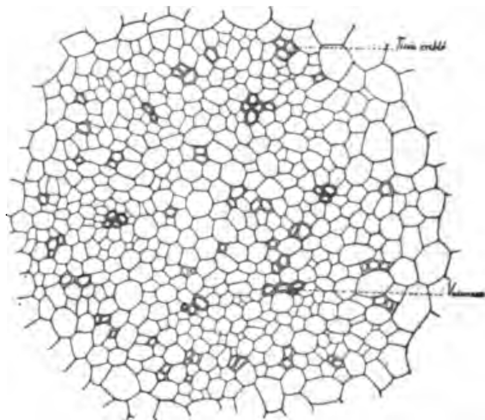


Fig. 29. — Coupe transversale du système conducteur du placenta de *Douglasia vitaliana* (gr. = 450).

Le parcours des faisceaux dans le réceptacle floral, la structure des faisceaux placentaires, montrent nettement qu'il est impossible d'attribuer la valeur de tige au placenta des Primulacées.

Reste donc l'hypothèse de M. Van Tieghem. C'est celle qu'il est le plus sage d'admettre.

Ovule. — L'uniformité de structure de l'ovule, jusque dans les détails les plus intimes, constitue le caractère le plus constant de toutes les Primulacées. Il en sera de même pour la graine.

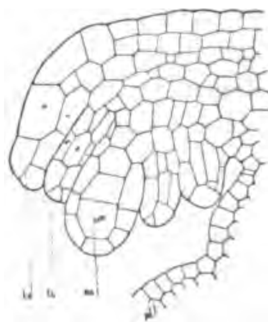


Fig. 30. — Section longitudinale axile d'un ovule jeune de *Lubinia spathulata* Vent. *nu*, nucelle ; *cm*, cellule mère du sac embryonnaire ; *te*, tégument externe ; *ti*, tégument interne (gr. = 400).

L'ovule est anatrope descendant, à micropyle tourné généralement vers le placenta (fig. 30).

Il comprend deux téguments : l'externe formé par deux assises de cellules, l'interne par trois assises. Les deux premières sont prismatiques tabulaires, ainsi que les troisième et quatrième, mais la cinquième est formée de cellules très allongées radialement.

A la périphérie, une cuticule mince recouvre l'ovule et la membrane en contact avec le nucelle est également cutinisée.

Toutes les cellules des téguments sont remplies d'un protoplasme très dense renfermant en son milieu un noyau volumineux.

Les téguments occupent presque tout le volume de l'ovule ; par contre, *le nucelle est très réduit*. Il est formé par un ensemble de cellules groupées en une sorte de fuseau qui occupe toute la longueur de l'ovule ; ces cellules se distribuent en une assise périphérique et une file axile, dont *la cellule voisine du micropyle* deviendra la cellule-mère du sac embryonnaire. Mais il est important de remarquer qu'on ne trouve cette constitution du nucelle que dans des fleurs très jeunes. *De bonne heure toutes les cellules du nucelle diffluent sauf une, et servent à la nutrition et au développement du sac embryonnaire qui a la structure normale.*

Anatomie du fruit. — Le calice est partout persistant, jouant jusqu'à la fin de l'évolution de la plante un rôle de soutien, de protection et par le fait de sa pesanteur contribuant à la détermination des graines.

Il subit des modifications anatomiques qui sont en relation avec ce triple rôle. L'épiderme interne du calice épaissit considérablement ses cellules sur leurs faces internes et radiales. Le parenchyme qui entoure les nervures subit la même modification.

Paroi de la capsule. — Comme dans la plupart des fruits secs, il n'y a pas prolifération des cellules de la paroi ovarienne, les seules modifications résident dans une lignification plus ou moins considérable des cellules épidermiques et parenchymateuses.

Dans tous les cas, toutes les cellules de l'épiderme interne épaississent et lignifient considérablement leurs parois ponctuées transversalement et par suite moniliformes, vues de face. Cette lignification peut se prolonger à l'épiderme du pédicelle placentaire.

Dans la partie supérieure du fruit, sur toute la hauteur où se produiront les lignes de déhiscence, le parenchyme se sclérifie, sauf le long des faisceaux libéro-ligneux, générale-

ment au nombre de cinq ou de dix. La sclérification peut ne pas intéresser toute la paroi, la région interne reste parenchymateuse, comme l'a observé M. Leclerc du Sablon (1) dans le *Primula elatior*. Plus généralement, une sclérification inégale détermine deux couches : une couche externe à cellules volumineuses à parois très épaisses, une couche interne dont les parois cellulaires se sont moins épaissies. Sous l'action de la dessiccation, il est évident que la couche externe se contractera avec plus d'intensité que la couche interne et que la déchirure se produira suivant les lignes de moindre résistance que présente la région des faisceaux (fig. 31).

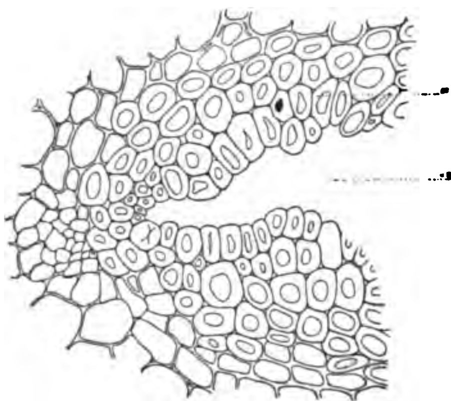


Fig. 31. — Section transversale d'une portion de la base du style de *Lysimachia Ephemerum* *sc.* sclérenchyme ; *cs*, canal stylaire.

Le parenchyme du placenta présente quelquefois des cellules épaissies spiralées (*Primula elatior*). L'amidon y est extrêmement abondant, même après la déhiscence du fruit. Jusqu'à cette époque, de nombreux chloroplastes contribuent à la formation des réserves.

Le bois des faisceaux présente un plus grand nombre de vaisseaux que dans la fleur.

Graine. — Après la fécondation, les deux téguments de l'ovule jouent un rôle très actif dans la formation de la graine. Une vie intense s'y manifeste; des chloroplastes se multiplient dans le tégument interne et contribuent à l'édification de l'albumen. Ces deux téguments donnent respectivement les deux téguments de la graine.

(1) Leclerc du Sablon, *Loc. cit.*

Tégument externe. — Il est formé de deux rangées de cellules parfaitement caractérisées.

Les cellules de la rangée externe sont prismatiques, volumineuses. La paroi superficielle de couleur brune, cutinisée et striée, est fréquemment prolongée en papille. Par la dessiccation, ces papilles se retournent souvent dans l'intérieur de la cellule, vide de contenu à la maturité.

Les cellules de la deuxième rangée sont également pris-

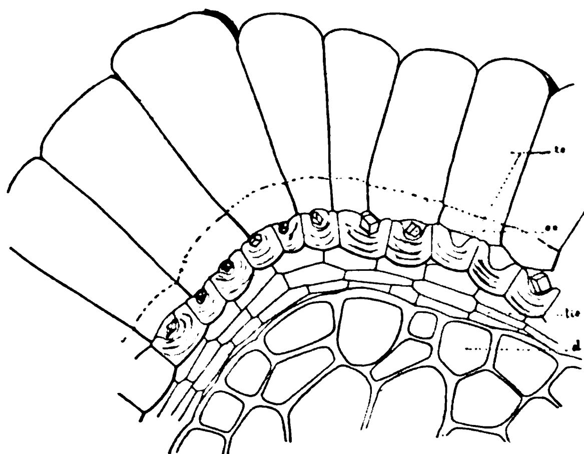


Fig. 32. — Coupe transversale de la graine de *Naumburgia thyrsiflora ; te*, tégument externe; *ti*, tégument interne; *oc*, cristal d'oxalate de calcium; *al*, parenchyme de l'albumen, (gr. = 400).

matiques, à base 5-6-gonales, l'axe du prisme étant orienté perpendiculairement à la surface, comme dans la rangée externe. Les membranes sont cellulosiques et très épaisses, ne laissant qu'une petite cavité cellulaire occupée complètement par un cristal monoclinique d'oxalate de calcium appliqué contre la base externe. Pendant la germination, ces cristaux ne sont pas dissous. (fig. 32 et fig. 33).

Tégument interne. — Il est formé en général des trois rangées qui composaient le tégument ovulaire interne. Les cellules en sont tabulaires, plus ou moins écrasées, à parois quelquefois épaissies, vides de contenu.

Dans toutes les Primulacées, l'homogénéité du tégument est parfaite. Il en est de même pour l'albumen. Partout les cellules sont polyédriques et remplies d'huile et d'aleurone. Les seules variantes portent sur l'épaississement des membranes, la cellulose constituant, lorsqu'elle est abondante, une troisième substance de réserve.

Entre l'albumen des *Soldanella* dont les membranes sont

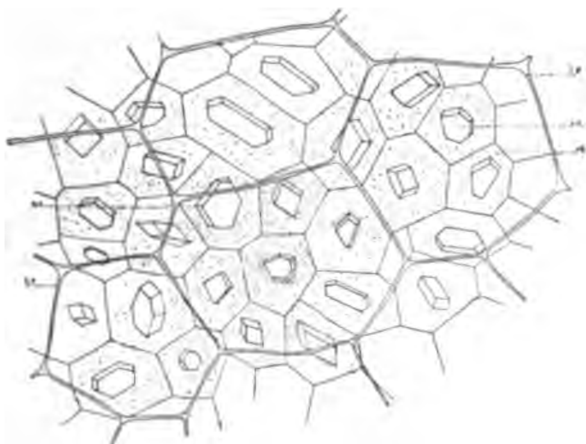


Fig. 33. — Tégument externe de la graine de *Glaux maritima* vu de face; *te*, assise externe; *oc*, cristal d'oxalate de calcium; *pc*, paroi cellulosique épaissie de l'assise sous-superficielle, (gr. = 400 diam).

très minces, et l'albumen des *Cyclamen* à membranes épaissies, il y a toute une gamme d'intermédiaires.

L'embryon lui-même présente partout la même constitution. Outre la substance protoplasmique, ses cellules sont très riches en réserves, l'épiderme renferme surtout de l'huile.

Les cotylédons appliqués l'un contre l'autre ont une section demi-circulaire. Ils occupent environ un tiers de la longueur totale de l'embryon. Un seul faisceau procambial parcourt tout le mésophylle, très près de la face interne. Ce mésophylle est constitué par un parenchyme méristématique compact. L'assise qui vient sous l'épiderme interne présente déjà un léger allongement de ses cellules, perpendiculaire-

ment à la surface. Cette assise de cellules deviendra l'assise palissadique unique des cotylédons.

L'axe hypocotylé qui occupe le reste de la longueur de l'embryon est cylindrique. Il est terminé du côté des cotylédons par une légère proéminence constituant le méristème terminal, d'où sortira la tige. Il nous a été impossible d'y distinguer des cellules initiales pour l'écorce et le cylindre central. Celui-ci n'existe qu'après la réunion des deux faisceaux cotylédonaires en une masse cylindrique parfaitement homogène.

Du côté opposé aux cotylédons, l'*hypocotyle* est terminé par un sommet végétatif de racine à constitution normale.

A l'état embryonnaire, l'*hypocotyle* comprend donc un épiderme sans stomates ni poils, un parenchyme cortical méristématique et un cylindre central de méristème vasculaire.

D'après tout ce que nous venons de voir, tant au point de vue morphologique qu'au point de vue anatomique, les Primulacées doivent être groupées en deux séries très distinctes ayant pour genre nodal l'une le genre *Primula*, l'autre le genre *Lysimachia*. On pourra considérer ces deux séries comme deux sous-familles, que nous appellerons les Primuloïdées et les Lysimachioïdées. Le tableau suivant résume leurs caractères distinctifs.

Primuloïdées.	**Lysimachioïdées.**
	I. — *Caractères morphologiques*
Pas de rhizomes différenciés dans les types vivaces.	Rhizomes différenciés dans les types vivaces.
Tiges aériennes toujours courtes.	Tiges dressées à entre-nœuds distincts.
Nervation pennée normale.	Nervation pennée à nervures marginales.
Généralement une hampe florale.	Jamais de hampe florale différenciée.

Calice fortement gamosépale.	Calice à peine gamosépale.
Corolle fortement gamopétale.	Corolle à peine gamopétale.
Étamines insérées au-dessus de l'ovaire.	Étamines insérées tout à la base de la corolle.
Anthères divisées à la base et au sommet.	Anthères divisées à la base, mucronées au sommet.
Filet ne dépassant pas la longueur de l'anthère.	Filet dépassant plusieurs fois la longueur de l'anthère.
Stigmate capité.	Style terminé en pointe obtuse.

II. — *Caractères anatomiques.*

Tiges feuillées à péricycle cellulosique.	Tiges feuillées à péricycle lignifié.
Tiges florales à faisceaux conducteurs distincts.	Tiges florales à faisceaux confluant en une couronne continue.
Faisceaux placentaires concentriques.	Faisceaux placentaires collatéraux inversement orientés par rapport à ceux de la tige.
Épiderme de la corolle : cellules polygonales vues de face, à contours rectilignes ou à peine sinués.	Epiderme de la corolle : cellules très allongées à contours ondulés.

TROISIÈME PARTIE

HISTOLOGIE GÉNÉRALE

L'importance de l'étude histologique approfondie des appareils n'est plus à démontrer. Cette étude peut fournir des données utiles à la physiologie et à la systématique.

Nous avons groupé les tissus en trois systèmes :

1° Le système épidermique : Épiderme et Liège.

2° Le système fondamental : Parenchymes.

3° Le système conducteur : Bois et Liber.

CHAPITRE PREMIER

LE SYSTÈME ÉPIDERMIQUE

Épiderme. — L'épiderme des Primulacées peut se ramener à un type unique malgré des variations qui portent sur la forme des cellules, sur l'épaississement des membranes, sur le nombre et la répartition des stomates, sur la forme et la répartition des poils.

D'une manière constante, les cellules épidermiques sont entremêlées de stomates et de poils à la surface de la tige et de la feuille, du calice et de l'ovaire.

Cellules épidermiques. — Sur la tige, sur le pétiole, le long des nervures saillantes de la feuille et des sépales, à la base des pétales, sur le filet et le style, les cellules de l'épiderme sont de forme prismatique, terminées en biseau à l'une de leurs extrémités. Les parois externes sont épaissies, les radiales minces de telle sorte que la section transversale

de la cavité des cellules présente fréquemment la forme de tonneau lorsque ces parois sont bombées de part et d'autre, comme cela arrive chez beaucoup de *Primuloïdées*, chez les *Samolus* et les *Coris*. La face interne de la membrane externe est plane en général dans les *Lysimachia*, de telle sorte que la section transversale est plus ou moins rectangulaire.

Ces caractères purement descriptifs n'offrent rien de spécial aux Primulacées pour les distinguer des autres familles ou pour les distinguer entre elles.

Bien plus caractéristiques sont les cellules épidermiques des feuilles végétatives et florales.

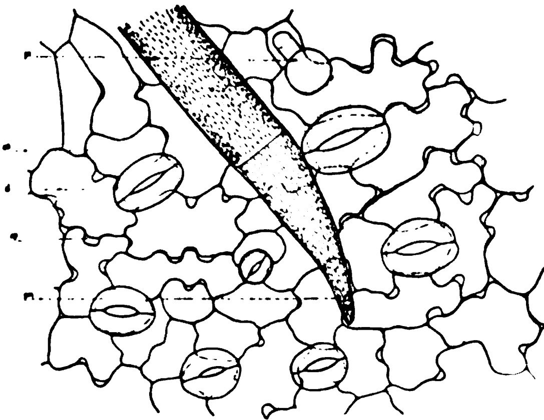


Fig. 34. — Épiderme inférieur de *Primula rotundifolia* Franchet, vu de face; *st*, stomates; *cs*, cellule sœur; *pc*, poil capité court; *pm*, fragment de poil acuminé; *ep*, épaississement des parois radiales (gr. = 400).

Sauf chez les Primulacées xérophiles, chez les *Auricula*, chez quelques *Lysimachia* et chez les *Lubinia*, les cellules épidermiques ont des cloisons radiales curvilignes et ondulées à la surface des feuilles et des sépales, entre les nervures saillantes (fig. 34).

Ces parois sont épaissies aux points de courbure, plus du côté convexe que du côté concave. Elles sont toujours ponctuées et lorsque l'épaississement se manifeste sur toute

leur étendue, elles paraissent moniliformes vues de face.

Les *Auricula* Tourn. ont des cellules épidermiques supérieures à contours rectilignes isodiamétriques (fig. 35). Il en est de même des *Lubinia* et de quelques *Lysimachia*. Les *Aretia*, les *Douglasia*, les *Dionysia* et beaucoup d'*Androsace* ont des cellules prismatiques allongées, semblables sur

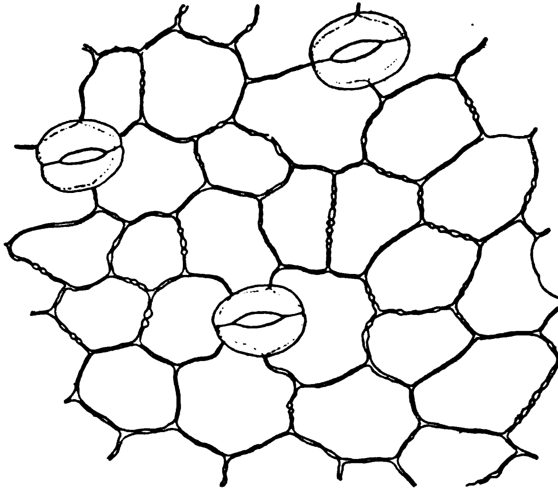


Fig. 35. — Epiderme supérieur de *Primula viscosa* (gr. = 450).

les deux faces. Pour les Auricules, cette déviation est concomitante de l'anomalie qui frappe la tige. Quant aux *Aretia*, aux *Androsace* (partim), etc., cette forme prismatique des cellules épidermiques est un résultat d'adaptation. En effet, on revient graduellement au type normal quand on étudie des espèces de moins en moins xérophiles, espèces qui ont des feuilles de plus en plus larges (*Androsace septentrionalis* L., *A. rotundifolia* Fr.).

L'épiderme de la corolle diffère suivant que l'on considère les Primuloïdées ou les Lysimachoïdées. Chez les premières, les cellules de la gorge et du limbe sont isodiamétriques, vues de face, à contours rectilignes prolongées chacune en une papille, à la face interne. Chez les secondes, les cellules épidermiques sont très allongées, à faces ra-

diales parallèles et régulièrement ondulées. Ici, les poils sont très fréquents; là, ils sont extrêmement rares. Dans les deux groupes, il n'y a jamais de stomates. L'épiderme staminal est prismatique à la surface du filet; les cellules sont isodiamétriques à contours rectilignes ou ondulés à la surface de l'anthère. A la face externe de l'ovaire, les cellules sont isodiamétriques à contours rectilignes, tandis qu'à la face interne, elles sont très étroites et très allongées. Il y a généralement des stomates et des poils à l'épiderme externe.

La cuticule est toujours mince et fort inégalement striée

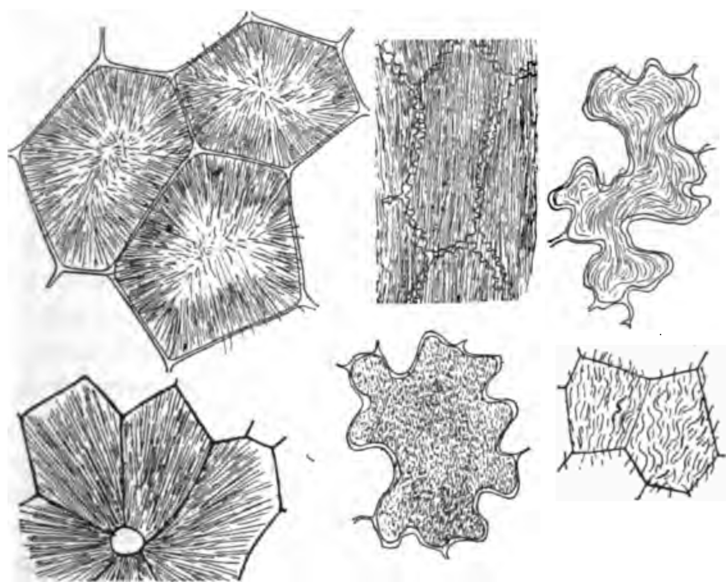


Fig. 36. — Principales formes de stries cuticulaires de l'épiderme des Primulacées : 1° *Bryocarpum himalaicum* : feuille face supérieure; 2° *Primula farinosa* : pédoncule floral, sommet; 3° *Coris monspeliensis* : pétale face interne; 4° *Cyclamen europæum* : feuille face supérieure, stries rayonnant autour d'un poil; 5° *Trientalis europæa* : anthère; 6° *Asterolinum stellatum* : fruit.

suivant les genres (fig. 36). C'est toujours dans le fruit d'une espèce donnée que les stries sont le plus accusées et si on considère l'ensemble de la famille, dans les genres xérophiles. Les stries cuticulaires de la corolle sont les plus fines.

A la surface des tiges, les stries sont rectilignes parallèles et passent d'une cellule à l'autre ; à la surface des feuilles, lorsque les cellules épidermiques sont ondulées, les stries ondulent également. Dans les cellules à contours rectilignes, elles sont droites, de direction différente dans des cellules voisines ou passant quelquefois d'une cellule à l'autre.

Dans quelques cas, elles sont très courtes et très serrées, dirigées de tous côtés et plus ou moins parallèles par groupes (*Lysimachia*) ou très lâches et peu nombreuses (*Cyclamen neapolitanum* Tenore).

Sur les poils à membrane mince, la cuticule est lisse ; sur les poils mécaniques, elle est finement ponctuée.

Sauf autour de l'ostiole, la membrane des stomates est lisse et faiblement cutinisée.

Poils. — Toutes les espèces de la famille possèdent des poils épidermiques sur les tiges, les feuilles et les fleurs (fig. 37). Ils appartiennent à deux types : 1° *n-cellulaires* unisériés ou ramifiés, capités, ou acuminés ; 2° *tri-cellulaires courts capités* à cellule terminale pouvant se diviser par des cloisons radiales. Les *Primuloïdées* possèdent les deux types, les *Lysimachioïdées* n'ont qu'une sorte de poils en général, les tri-cellulaires courts à cellule terminale généralement divisée. Cependant *Coris* (Lysimachioïdée) présente sur le calice des poils ramifiés, acuminés, tandis que *Cyclamen* et *Dodecatheon* (Primuloïdée) ne présentent que des formes courtes.

Pour le *Coris*, on peut penser que ces poils ramifiés sont une conséquence de l'adaptation xérophile. En effet, parmi les Primulacées nous n'avons trouvé de poils semblables que chez les Primulées xérophiles telles que les *Dionysia*, *Douglasia*.

Cyclamen et *Dodecatheon* se comportent comme certaines Primevères qui n'ont qu'une forme de poils (*P. auricula* et espèces affines).

Stomates aérifères. — Vus de face, les stomates ont une forme généralement elliptique, rarement circulaire, les deux axes mesurent en moyenne 40 μ et 30 μ.

Les genres *Bryocarpum* et *Dodecatheon* se font remarquer par leurs stomates plus volumineux. En nombre très restreint à la surface de la tige, de l'hypocotyle, du pétiole, de la paroi ovarienne, ils sont abondants sur les deux faces de la

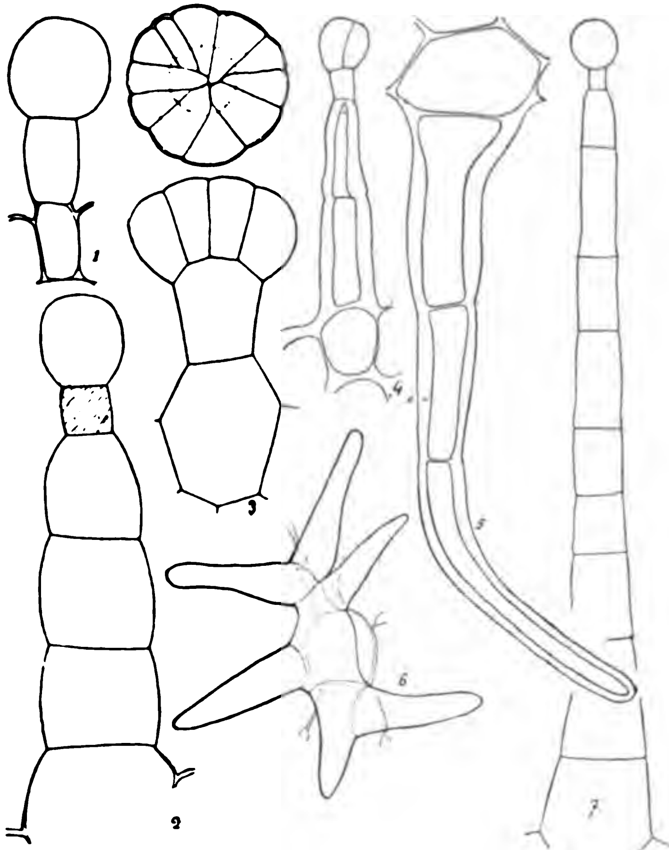


Fig. 37. — Principales formes de poils des Primulacées : 1° *Asterolinum stellatum*; 2° *Primula denticulata*; 3° *Lysimachia verticillata*; 4° *Coris monspeliensis*; 5° *Androsace villosa*; 6° *Douglasia vitaliana*; 7° *Primula sikkimensis*.

feuille, surtout sur la face externe. La face interne en est dépourvue dans quelques très rares exemples. Il est extrêmement rare d'en trouver à la surface de la corolle (Hottonia) et de l'étamine.

Les cellules stomatiques sont normalement au même

niveau que les cellules épidermiques adjacentes. Quelques types nettement hygrophiles ont leurs stomates au sommet de petites proéminences (*Primula sinensis*, *Cortusa Matthioli*). Certaines espèces xérophiles ont leurs stomates localisés, soit à la face interne appliquée contre la tige (*Aretia pubescens*), soit dans deux sillons formés par les bords révolutés de la feuille (*Dionysia revoluta*). La transpiration est en outre modérée par un grand nombre de poils. Sur les quatre ou cinq cellules qui entourent le stomate, il y en a toujours deux qui procèdent de la même cellule-mère que le stomate lui-même. Comme nous le verrons, elles sont d'âge différent; par les progrès de la croissance elles deviennent semblables aux cellules normales, sauf quelquefois la plus jeune, qui reste plus petite.

La membrane des cellules stomatiques est faiblement cutinisée et sans stries cuticulaires. Les lèvres externes font légèrement saillie.

Le stomate et les deux cellules annexes tirent leur origine d'une seule cellule épidermique *cm*. La cellule mère se divise par une première cloison donnant une grande cellule *ca* (la première annexe la plus âgée, et une cellule plus petite qui prend une cloison dans un plan perpendiculaire à la première. Des deux cellules ainsi formées, l'une deviendra le stomate *cst* par un cloisonnement parallèle au précédent, l'autre deviendra la deuxième cellule annexe la plus jeune, *cs* (fig. 38).

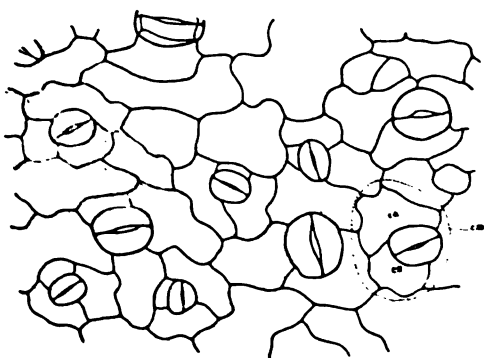


Fig. 38. — Formation des stomates dans la feuille de *Cyclamen Coum* Mill : *cm*, cellule mère ; *ca*, cellule annexe ; *cs*, cellule sœur ; *cst* cellule stomatique, (gr. = 450.

Le grand axe de l'ellipse stomatique est souvent dirigé

parallèlement à la nervure médiane de la feuille, que celle-ci ait une forme allongée ou qu'elle soit aussi large que longue.

Le genre *Cyclamen* a cela d'intéressant que les stomates s'y forment d'une manière continue, même sur les feuilles les plus âgées (fig. 38).

Le nombre des stomates par millimètre carré de la feuille est trop variable pour qu'on puisse donner une moyenne par millimètre carré. Nous avons donné quelques chiffres dans la partie descriptive.

Stomates aquifères. — Les nervures médianes des feuilles de toutes les Primulacées se terminent en hydatode. Il en est de même des nervures de deuxième et troisième ordre chez les Primuloïdées à feuilles lobées ou dentées. Le stomate aquifère correspondant occupe le sommet de la dent, il est circulaire de face, beaucoup plus large, par conséquent, que les stomates aérifères. Il est entouré par un nombre variable de cellules à contours rectilignes isodiamétriques de face.

Liège. — On peut presque dire que le liège fait défaut chez les Primulacées, car la production en est extrêmement restreinte. Il ne s'en produit jamais dans les racines, même dans celles où l'exfoliation de toute l'écorce est constante. L'endoderme, seul persistant, suffit à la protection du cylindre central. Contrairement à ce qui se passe chez beaucoup de plantes, les cellules endodermiques conservent leur vitalité tant que vit la racine ; à la surface de la membrane primitive subérifiée, le protoplasme dépose une couche de cellulose souvent épaisse et produit une série de cloisons radiales, phénomène très fréquent chez les Gamopétales. M. Perrot le signalait encore dernièrement dans son mémoire sur la famille des Gentianacées (1).

Le liège, quand il existe, peut ne comprendre qu'une seule assise de cellules, il en offre rarement plus de trois. C'est là un fait intéressant à rattacher aux observations de M. Dou-

(1) Perrot, *Anatomie comparée des Gentianacées* (Ann. des sc. nat., 8e série, t. VII, 1898).

liot dans ses recherches sur le périderme (1). La région de la tige où se forme le liège est invariablement l'épiderme ou la zone tout à fait périphérique de l'écorce.

Cette faible aptitude à la formation d'un liège est encore mieux mise en lumière, lorsque sous l'action d'un traumatisme accidentel ou expérimental, on blesse la plante. Il se forme bien un tissu de cicatrisation, mais non un liège proprement dit. Dans la plupart des cas, c'est le parenchyme entourant la blessure qui subérifie ses membranes et joue le rôle protecteur.

CHAPITRE II

SYSTÈME FONDAMENTAL

Parenchymes. — Le parenchyme fondamental des racines, tiges et pétioles est formé de cellules prismatiques, radialement sériées dans les parties jeunes de ces organes. Ces cellules, avec les progrès de la croissance, deviennent plus ou moins cylindriques, dérangent leur disposition première et épaississent un peu leurs parois, surtout sous l'épiderme où elles deviennent légèrement collenchymatoïdes. Dans la racine, la sériation radiale de l'écorce interne persiste sur presque toute l'épaisseur et pendant toute la durée de l'organe.

La membrane subit quelques modifications. Dans les parties âgées de la tige, elle s'épaissit légèrement en devenant plus ou moins collenchymatoïde. Dans la tige des *Auricula* l'épaississement est très marqué et se répartit sur toute la surface de la cellule. Enfin à l'insertion des feuilles sur la tige, à l'insertion d'une tige n quelconque (fig. 39) sur la tige $(n-1)$, dans les membranes de l'albumen, l'épaississement est considérable. Dans les *Cortusa*, les *Lysimachia*, beaucoup de *Primula*, dans les *Soldanella*, le parenchyme

(1) H. Douliot, *Recherches sur le Périderme* (Ann. des sc. nat., 7e série. t. X, 1889).

fondamental, cortical ou médullaire, est parsemé de sclérites ou d'îlots scléreux qui peuvent prendre un très grand déve-

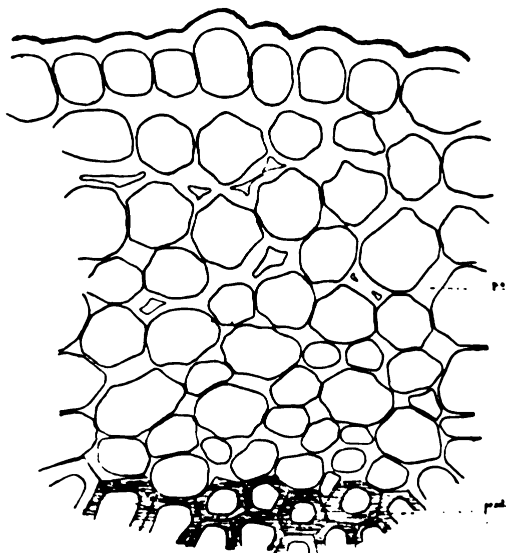


Fig. 39. — Parenchyme collenchymatoïde de la hampe florale de *Primula farinosa* à son insertion sur la tige feuillée (gr. = 450).

loppement, au point d'envahir presque tout le tissu fondamental (fig. 40).

Le parenchyme cortical des tiges à péricycle scléreux se lignifie au contact de cette région, lorsquelles ont atteint leur maximum de développement. Il en est de même du parenchyme périmédullaire au contact des fibres primitives internes, qui ne se lignifient jamais, et au contact du sclérenchyme vasculaire ou péricyclique compris entre les pointements ligneux.

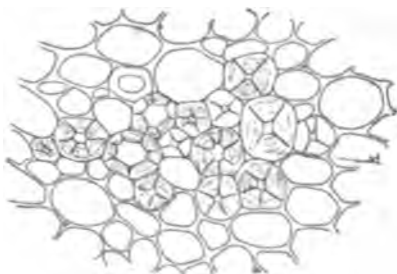


Fig. 40. — Sclérenchyme médullaire de la tige de *Soldanella alpina*, en coupe transversale, (gr. = 450).

Le parenchyme du pétiole ou, quand il n'y a pas de pétiole, de la région basilaire des feuilles, celui de toutes les

nervures saillantes, présente les mêmes caractèresque celui de la tige, mais avec des cellules beaucoup plus grandes.

Le parenchyme assimilateur du limbe présente un type que je puis appeler familial et sur lequel je me suis étendu suffisamment en décrivant l'anatomie de la feuille. Dans

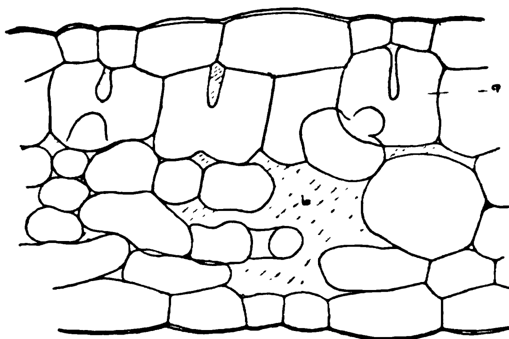


Fig. 41. — Coupe transversale du limbe d'une jeune feuille de *Lysimachia punctata* : *cp*, cellules palissadiques en fer à cheval; *lac*, lacunes (gr. = 400).

quelques cas, nous avons observé des cellules palissadiques en fer à cheval (fig. 41) (*Lysimachia punctata*).

Tous les parenchymes périphériques exposés aux radiations lumineuses renferment des chloropl astes dans le protoplasme pariétal de leurs cellules. Des racines ayant poussé à la lumière nous ont montré, en petite quantité, des corpuscules chlorophylliens. Ce fait ne nous permettrait-il pas de penser que les chloroplastes sont le produit de la différenciation immédiate du protoplasme, puisqu'il n'y a normalement pas de chloroleucites dans la racine?

L'amidon est abondant surtout dans les rhizomes et les racines; il est généralement sous forme de grains arrondis composés, formés par la réunion de plusieurs grains simples fortement accolés et comprimés les uns contre les autres.

Tous les parenchymes sont parsemés de cellules tannifères de même forme que les cellules normales, mais souvent plus longues. Bon nombre de Lysimaques, outre les cellules tannifères, renferment dans leurs parenchymes des poches

sécrétrices en forme de fuseau, tapissées d'une assise de cellules aplaties, poches à contenu solide, de structure radiée, qui se colore également par les réactifs colorants du tannin. Une étude chimique en serait à faire.

La feuille des *Coris*, à son sommet, et la partie supérieure du calice renferment également de semblables poches sécrétrices.

Il n'y a pas de collenchyme proprement dit (collenchyme à éléments longs) dans toutes les Primulacées que nous avons étudiées.

CHAPITRE III

SYSTÈME CONDUCTEUR

Liber. — Le tissu criblé se différencie suivant un mode commun à toutes les espèces de la famille, mode d'autant plus intéressant à signaler qu'il s'écarte un peu du type général et n'a pas été décrit dans le travail de M. Perrot sur le tissu criblé.

La structure du tissu criblé varie dans une même plante avec l'organe considéré, racine, tige ou feuille, et même avec l'âge relatif de la région étudiée.

Les éléments constitutifs sont des tubes criblés, des cellules compagnes et du parenchyme libérien. Examinons comment se fait la différenciation du tissu criblé dans un méristème. Normalement, il n'y a jamais formation de tubes criblés tout à la périphérie du faisceau procambial, au contact du parenchyme fondamental externe. Des cellules en nombre variable séparent ces deux tissus et vont constituer le péricycle de la racine, de la tige et les fibres péridesmiques externes des faisceaux de la feuille. Ces éléments externes aux cellules criblées, dérivés du méristème vasculaire ne sont donc pas comparables dans la tige aux éléments de la moelle, ce n'est pas du parenchyme conjonctif.

Des cellules procambiales peuvent se transformer direc-

tement en tubes criblés; le fait se passe quelquefois dans la racine.

Normalement, les tubes criblés résultent du cloisonnement plusieurs fois répété d'une cellule primitive. Il s'établit d'abord une cloison tangentielle ; une des deux cellules-filles, l'externe, se divise par une cloison radiale. C'est l'une des dernières cellules qui devient un tube criblé, en passant par les différents stades qu'ont décrits M. Chauveaud (1) et M. Léger (2). Il peut aussi se faire une cloison radiale dans la cellule-fille interne et se produire un autre tube criblé.

Toutes les cellules méristématiques du liber ne se transforment pas en tubes criblés. Un certain nombre restent à l'état de fibres primitives (de cellules cambiformes), ayant l'aspect de cellules parenchymateuses. Il en résulte un type caractéristique que l'on retrouve toujours, avec des variantes, dans le nombre des cellules parenchymateuses. Les éléments criblés sont disposés en îlots, séparés par des cellules de parenchyme libérien, plus ou moins abondantes dans les différents organes de la plante. C'est dans la tige et surtout dans le pétiole qu'elles sont le plus nombreuses. La racine en renferme peu dans l'intérieur des îlots et elles diminuent dans la feuille à mesure que l'on approche de la terminaison des faisceaux. Le liber des hampes florales et des pédoncules floraux est presque complètement formé de cellules résultant de la différenciation criblée.

Enfin, dans les faisceaux foliaires, les fibres péridesmiques externes ou internes diminuent dans la même proportion que les cellules parenchymatoïdes intralibériennes.

Avec l'âge, toutes les cellules du liber peuvent prendre un aspect collenchymateux, qui est même très accusé dans les plantes du type *Aretia*, *Dyonisia*, *Douglasia*, *Coris*, qui

(1) G. Chauveaud, *Sur l'évolution des tubes criblés primaires* (Compt. Acad. des Sc., octobre 1897).

(2) Léger, *Recherches sur l'origine et les transformations des éléments libériens* (Mém. Soc. Linn. de Normandie, t. XIX).

ont un port spécial aux plantes xérophiles. Toute l'écorce de la racine ou de la tige s'y exfolie. Le péricycle devient plurisérié. L'assise génératrice fournit beaucoup d'éléments qui conservent leur disposition radiale, se transformant de-ci de-là en tubes criblés suivant le mode normal, en épaississant considérablement leurs parois (fig. 42).

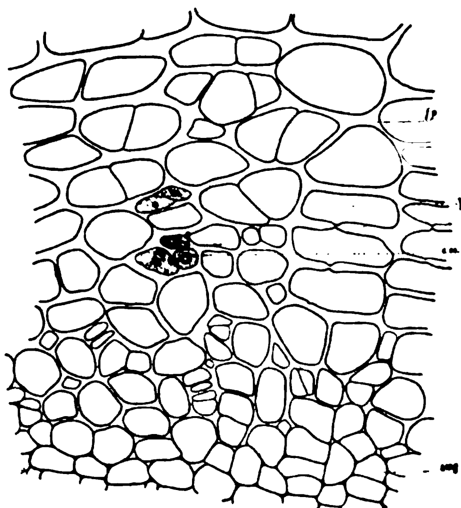


Fig. 42. — Coupe transversale du liber secondaire d'*Androsace lanuginosa*, pris dans une racine adventive âgée : *fp*, fibres péricycliques en voie de cloisonnement; *pl*, parenchyme libérien; *c. cr*, tubes criblés; *ass. g* assise génératrice (gr. = 450).

Dans un petit nombre de cas, il se produit une lignification des éléments criblés externes (tiges âgées de *Lysimachia*, hampe florale de *Pr. Yesoensis* Miquel). Cette lignification des tubes criblés n'a pas encore été signalée.

Bois. — Le bois des Primulacées se compose uniquement de vaisseaux et de parenchyme cellulosique ou lignifié.

La répartition de ces éléments est différente dans la racine, la tige et la feuille.

Le bois primaire de la racine principale se compose uniquement de vaisseaux. Ils forment une bande bipolaire diamétrale qui s'élève à une hauteur variable dans l'axe hypocotylé. Les faisceaux ligneux primaires des racines adventives sont peu volumineux et n'atteignent jamais le centre; de même que dans la racine principale, l'élément parenchymateux n'y entre pas. Il peut se différencier tardivement des vaisseaux aux dépens des cellules de la moelle.

Le bois secondaire renferme toujours du parenchyme cellulosique dans les racines principales des Primuloïdées (fig. 43) et dans les racines adventives des Primuloïdées

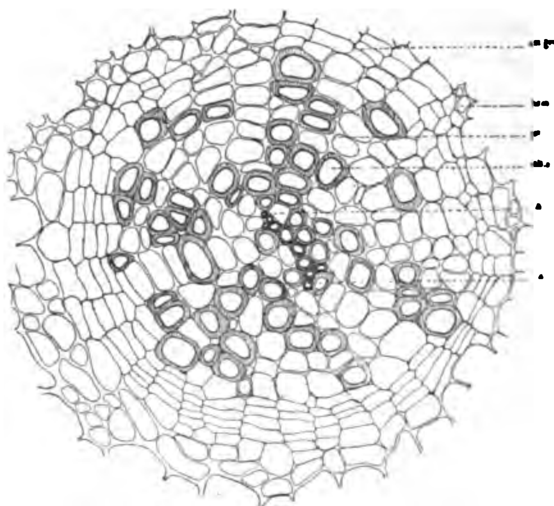


Fig. 43. — Bois primaire et bois secondaire de la racine de *Primula obconica*. *ass. g*, assise génératrice ; *tis. cr*, tissu criblé ; *par*, parenchyme vasculaire ; *vais. 2*, vaisseaux secondaires ; ΔΔ, bois primaire (gr. = 450).

xérophiles du type *Aretia*. Le sclérenchyme est abondant dans les racines âgées du *Coris monspeliensis* seulement.

Dans les Primuloïdées hygrophiles (*Primula*, *Cortusa*, etc.), il ne se forme que très peu de bois secondaire dans les rayons et à la face interne du liber, tandis que dans les Lysimachioïdées hygrophiles vivaces et dans les espèces annuelles plus ou moins xérophiles comme *Asterolinum stellatum*, le bois forme un cylindre plein, composé de vaisseaux à parois épaissies plus fortement que dans les autres types physiologiques.

On établit généralement dans le bois de la tige une distinction en bois primaire et bois secondaire. On admet que le bois primaire résulte de la différenciation directe d'une partie du méristème vasculaire primitif et que le bois secondaire tire son origine du fonctionnement d'une assise géné-

ratrice. De nombreuses observations faites sur la tige des Primulacées et de beaucoup d'autres Phanérogames nous permettent d'avancer que le bois primaire des auteurs ne se différencie pas directement aux dépens du procambium. Avant toute différenciation ligneuse, les cellules les plus internes du méristème vasculaire subissent une série de divisions tangentielles : il y a formation d'une assise génératrice

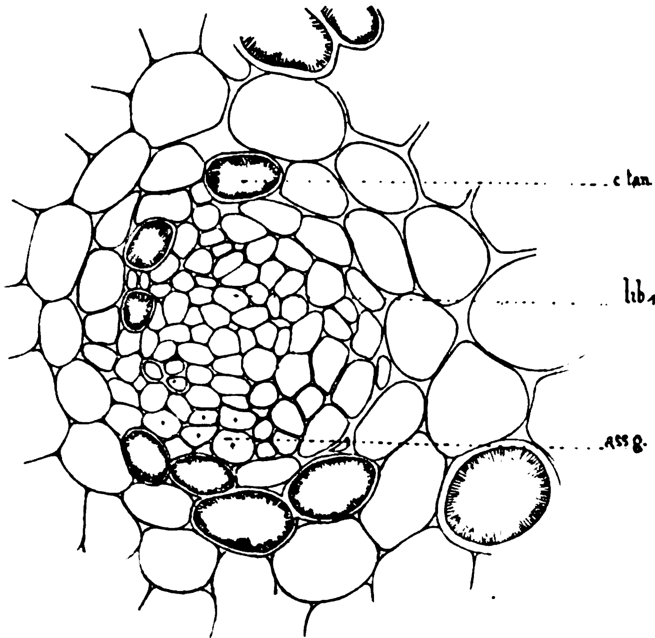


Fig. 44. — Jeune faisceau libéro-ligneux de la hampe florale de *Primula viscosa* montrant les premiers cloisonnements de l'assise génératrice, qui donneront le bois primitif : *c. tan*, cellules tannifères ; *lib*$_1$, liber primaire ; *ass. g*, assise génératrice (gr. = 670.)

(fig. 44), dont les éléments se différencient progressivement en vaisseaux, en cellules parenchymateuses, dans la partie la plus interne du faisceau.

Plus vers l'extérieur, toutes ces cellules se transforment en vaisseaux ou en vaisseaux et sclérenchyme. Il est donc plus rationnel de dire *bois primitif* au lieu de bois primaire (fig. 45). On peut conserver l'expression de bois secondaire;

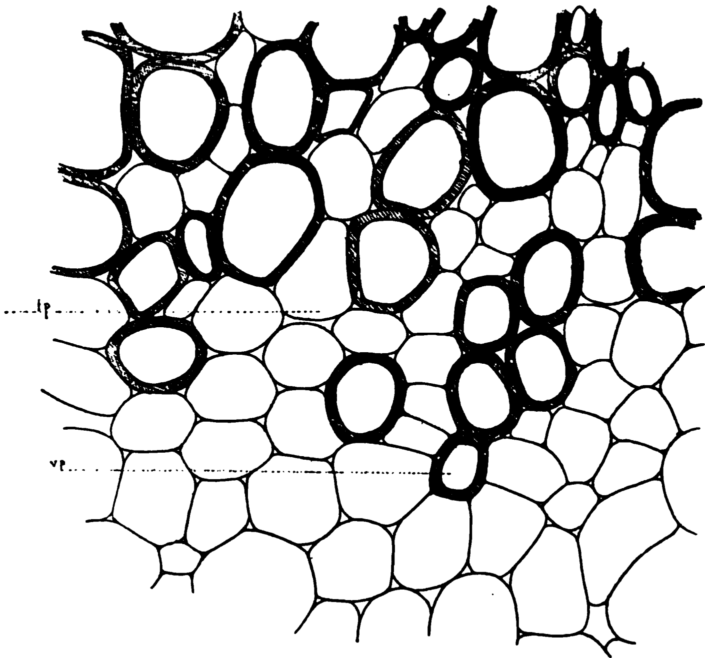


Fig. 45. — Coupe transversale du bois primitif de la tige de *Lysimachia Ephemerum* : *fp*, fibres primitives vasculaires; *vp*, vaisseaux primitifs.

Cette distinction lorsqu'elle existe n'a plus qu'une importance purement histologique.

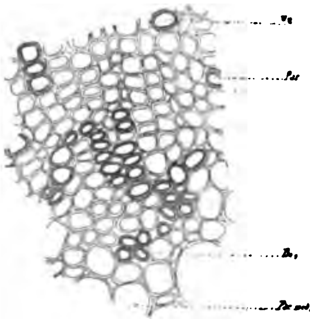


Fig. 46. — *Douglasia Vitaliana*. Composition histologique du bois de la tige feuillée : v_2, vaisseaux secondaires; *par*, parenchyme vasculaire ; bo_1, bois primitif; *par. méd*, parenchyme médullaire.

Dans les tiges feuillées, le bois primitif est formé en grande partie de cellules parenchymateuses cambiformes à contenu protoplasmique et de files radiales de vaisseaux spiralés, puis annelés. Le bois secondaire est surtout formé de sclérenchyme entremêlé de vaisseaux, disposés en files radiales, sauf toutefois dans les Primuloïdées xérophiles. Chez ces dernières, l'élément parenchymateux cellulosique est très abondant dans tout le bois (*Douglasia Vitaliana*) (fig. 46).

Dans les tiges florales et dans toutes les pièces de la fleur, comme aussi dans la feuille, il y a quelques cellules parenchymateuses cambiformes à la pointe du faisceau; tout le reste est uniquement composé de vaisseaux spiralés et annelés.

Pendant la maturation du fruit, l'assise génératrice des

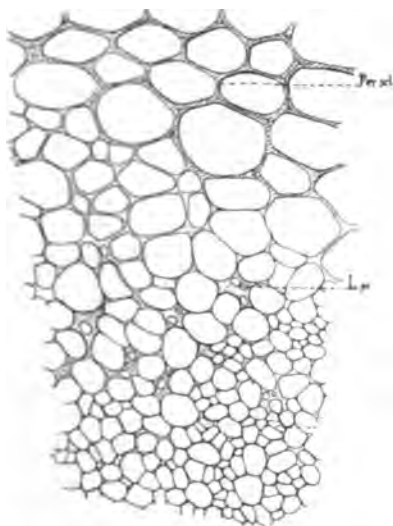


Fig. 47. — Liber primaire âgé et altéré de la hampe florale de *Primula officinalis* : *Per. scl*, péricycle sclérifié ; *Lpr*, liber primitif.

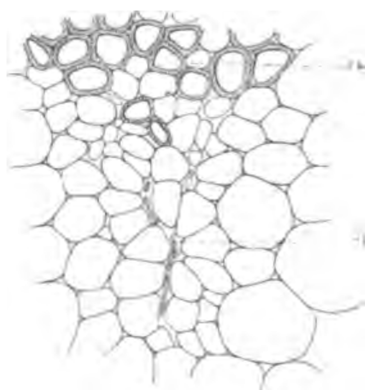


Fig. 48. — Bois primaire âgé et altéré de la hampe florale de *Primula Auricula* : *vpe*, vaisseaux primitifs écrasés.

hampes florales fournit un peu de sclérenchyme à la face externe des vaisseaux.

Dans les parties les plus âgées, le liber primaire et le bois primitif perdent leur activité et leur aspect initial. Les cellules criblées s'écrasent et leurs parois deviennent collenchymatoïdes (fig. 47). Les vaisseaux primitifs sont tout à fait écrasés par les cellules de parenchyme vasculaire primitif qui ont conservé leur activité (fig. 48).

QUATRIÈME PARTIE

ANATOMIE DESCRIPTIVE

1. PRIMULA L.

De toutes les Primulacées, c'est le genre *Primula* qui a été le plus étudié au point de vue anatomique. M. Kamienski n'a étudié qu'un petit nombre d'espèces dans leur appareil végétatif; M. Van Tieghem a étudié la tige de presque toutes les Primevères. Il restait donc encore un vaste champ d'études que nous avons en grande partie exploré. Nous avons pu ainsi relever bien des faits nouveaux, rectifier des observations, proposer des interprétations nouvelles et il reste encore à faire.

L'ordre suivi est la classification de M. Pax (1). Le genre *Primula* a été divisé en vingt sections.

SECTION I. — **Sinenses** Pax.

P. Sinensis Lindl.

RACINE. — *Racine principale.* — Type binaire. Écorce normale avec assise pilifère à poils courts, assise subéreuse à parois subérifiées sur tout leur pourtour, parenchyme homogène amylifère, endoderme à cellules très tôt épaissies à la face interne de la membrane primitive tout à fait subérifiée, et très tôt recloisonnées dans le sens radial. — Péricycle simple; lame ligneuse bipolaire diamétrale et deux petits groupes d'éléments libériens primaires; à leur face interne s'établit un cambium libéro-ligneux secondaire aux dépens de l'assise unique de fibres primitives qui sépare le bois du liber.

HYPOCOTYLE. — Sur toute sa longueur l'axe hypocotylé présente un cylindre central constitué comme celui de la racine principale, avec

(1) Voir F. Pax, *Monographische Uebersicht* (Engler's Jahrb. Bd X, p. 75-241).

productions libéro-ligneuses secondaires un peu plus développées. Parenchyme cortical formé de cellules plus ou moins cylindriques lâchement unies, comprenant entre elles des lacunes d'autant plus nombreuses et larges que s'accroît le diamètre du cylindre central.

Au sommet les vaisseaux ligneux centraux de la lame vasculaire primaire se mettent en rapport avec les vaisseaux des deux massifs secondaires, au moyen de vaisseaux courts, tandis que les vaisseaux primitifs sont écrasés ; puis les traces foliaires des cotylédons, insérés sur l'axe dans le plan du bois primaire, s'unissent également aux deux massifs secondaires qui se continuent plus haut dans la tige.

Tige. — La structure de la tige varie d'une manière notable avec l'âge de la plante, et même avec les spécimens étudiés dans certains cas. Les variations portent sur l'appareil conducteur et sont uniquement quantitatives. Épiderme à cellules prismatiques entremêlées de longs poils capités, pluricellulaires et tri-cellulaires courts.

Parenchyme cortical chlorophyllien composé de cellules prismatiques s'exfoliant progressivement jusqu'à l'endoderme.

Péricycle simple dans la tige jeune, s'épaississant graduellement par une série de divisions tangentielles, les parois devenant collenchymatoïdes. — Tissu criblé en couronne continue, très collenchymatoïde, à îlots d'éléments criblés disséminés au milieu d'un parenchyme libérien abondant; assise génératrice très épaisse en général. — Bois tantôt en couronne continue d'épaisseur inégale, tantôt en faisceaux à section triangulaire plus ou moins confluents ou séparés par du parenchyme vasculaire. — Moelle collenchymateuse dans la zone périphérique, cellules bourrées d'amidon, de même que celles de l'écorce.

Feuille. — 1° *Cotylédon*. — Cellules épidermiques prismatiques à la surface du pétiole et au-dessus de la nervure médiane, à la face inférieure du limbe; parois courbes fortement ondulées sur le reste du limbe, stomates extrêmement abondants, sauf sur le pétiole où ils font défaut ; poils nombreux. — Mésophylle bifacial, une, quelquefois deux assises de tissu palissadique et deux, trois assises de cellules aplaties parallèlement à la surface, peu rameuses ; dans le pétiole, parenchyme prismatique. Nervure médiane à section elliptique jusque vers le milieu du limbe ; plusieurs rangées de fibres primitives externes; tissu criblé abondants en îlots ; bois formant une bande tangentielle étroite.

2° *Feuille*. — *Pétiole*. — Section transversale convexe sur la face externe, concave et creusée d'un sillon sur la face interne. Cellules épidermiques prismatiques et poils pluricellulaires capités longs, très nombreux.

Parenchyme très épais collenchymateux sous l'épiderme, prismatique vers l'arc libéro-ligneux autour duquel il ne différencie pas de gaine endodermique subérifiée. — Appareil conducteur en arc très ouvert ; à la face externe, plusieurs assises de fibres primitives collenchymatoïdes, s'insinuant entre les îlots du tissu criblé disposé en arc continu ; bois formé de faisceaux triangulaires distincts (fig. 49) ou d'un arc continu suivant l'âge du pétiole, les premières files radiales de vaisseaux se différenciant à une certaine distance les unes des autres, la différenciation des files suivantes se faisant progressivement entre les premières.

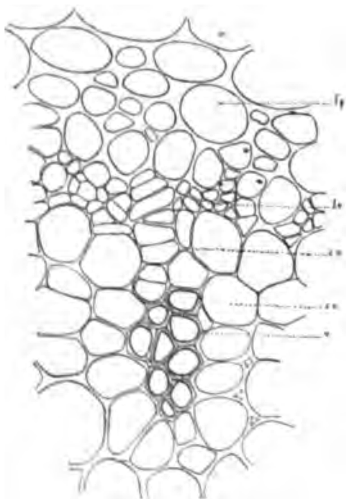


Fig. 49. — Portion de l'arc libéro-ligneux du pétiole de *Primula sinensis* : *fp*, fibres péridesmiques; *tc*, tubes criblés; *c*, cambium; *cv*, cellules parenchymateuses vasculaires; *v*, vaisseaux (coupe transversale).

Limbe. — (Face externe). Cellules épidermiques à parois radiales courbes et sinueuses sauf au-dessus des nervures saillantes. Stomates très nombreux au niveau des cellules épidermiques ou portées au sommet de petites éminences. Poils de deux formes, tri-cellulaires courts et *n*-cellulaires variables dans leurs dimensions et nombreux surtout le long des nervures saillantes. (Face interne), cellules à parois droites ou à peine courbes et sinueuses, pas de stomates et une forme de poils, *n*-cellulaires longs. — Mésophylle bifacial : une, deux assises de cellules palissadiques; cinq à sept assises de cellules très rameuses aplaties parallèlement à la surface à lacunes sous-stomatiques particulièrement volumineuses sous les émergences stomatiques.

La culture influe beaucoup sur la structure de la feuille de *P. sinensis*, ce qui explique la divergence que présente notre description avec celle de M. Kamienski (1).

La nervure médiane et les nervures de second ordre se terminent dans les dents de la feuille par une hydathode. Nervure médiane : Arc externe de fibres primitives collenchymateuses, arc de tissu criblé en îlots et bois en éventail formé de files radiales de vaisseaux séparées par du parenchyme conducteur, amas de fibres primitives internes.

(1) Nous avons pu étudier une feuille d'individu spontané.

Hampe florale. — La hampe florale a une structure typique, nous retrouverons cette structure avec les mêmes caractères dans tous les genres de Primulacées qui sont pourvues de hampes florales.

Épiderme à cellules prismatiques, petit nombre de stomates et poils longs très abondants. — Parenchyme prismatique à arêtes arrondies dans la zone externe, chlorophyllien et amylifère ; endoderme à parois subérifiées. — Péricycle cellulosique avant l'anthèse, lignifié après ; faisceaux libéro-ligneux en nombre variable (12 à 15). Liber étalé tangentiellement, renfermant peu de parenchyme ; faisceaux ligneux à section triangulaire à fibres primitives internes nombreuses. — Parenchyme médullaire prismatique légèrement collenchymateux à la périphérie, où il se lignifie après l'anthèse.

Bractée florale. — Dans les individus spontanés, les bractées sont lancéolées, acuminées, comme en témoignent les types directement rapportés de Chine, que nous avons vus au Muséum de Paris.

La forme et les dimensions des bractées observées sur des plantes de culture varient considérablement, les plus internes seules se rapportent au type spontané. Nous donnons l'anatomie d'une bractée externe très développée. Épiderme à cellules allongées, ondulées. Stomates et poils extrêmement nombreux. — Mésophylle hétérogène présentant trois régions à considérer : 1° région marginale méatique formée de cellules à section arrondie ; 2° région formée de parenchyme rameux le long de la nervure médiane ; 3° région comprise entre les deux précédentes à parenchyme palissadique vers la face interne, parenchyme rameux sur la face opposée. — Nervure médiane à section ovalaire comprenant les mêmes éléments que les nervures de la feuille, les fibres primitives externes se lignifiant tardivement dans les bractées âgées.

Pédoncule floral. — La structure est la même que celle de la hampe avec un nombre moindre de faisceaux libéro-ligneux (6, 7 au sommet). L'endoderme est très riche en grains d'amidon groupés.

Calice. — Cellules épidermiques à contours rectilignes à la base et au sommet des sépales, limitées par des lignes brisées dans la région intermédiaire où sont localisés les stomates, très nombreux. Poils tri-cellulaires courts et poils *n*-cellulaires longs, capités, ceux-ci très abondants vers les bords des sépales, renfermant des chloroplastes englobant des grains d'amidon groupés.

Parenchyme rameux de la base au sommet sur une épaisseur de quatre, cinq assises. Après la fructification, les cellules épidermiques épaississent beaucoup leurs parois externes.

Nervures très nombreuses; les six, sept faisceaux du pédoncule

floral se ramifient au sommet de ce dernier, de manière à donner dans la partie inférieure discoïde du calice, quinze à vingt faisceaux se ramifiant encore plus haut.

Section ovalaire étroite, liber plus abondant que le bois, structure analogue aux nervures du même volume de la feuille.

COROLLE. — Cellules épidermiques à contours rectilignes ou légèrement sinués, prolongées en papilles longues au-dessus de l'insertion des étamines, autour de la gorge de la corolle et en papilles très courtes sur toute la surface du limbe. Poils *n*-cellulaires localisés sur le limbe seulement (fig. 20).

Parenchyme prismatique à la base, devenant progressivement rameux jusqu'au sommet des pétales.

Des dix faisceaux libéro-ligneux, les cinq médians sont concentriques sous l'insertion des étamines et collatéraux au-dessus de ce point, le liber ayant toutefois une tendance à envelopper le bois ; les cinq faisceaux intercalaires sont collatéraux sur tout leur parcours.

ÉTAMINE. — Filet court conique, aplati tangentiellement. Épiderme à cellules prismatiques allongées, cuticule fortement striée ; ni poils ni stomates. Parenchyme légèrement amylifère, formé de cellules cylindriques; méats nombreux.

Faisceau central concentrique comprenant à la périphérie une assise de fascicules criblés, issus chacun d'une cellule de méristème, au centre, quelques vaisseaux spiralés et annelés et entre le bois et le liber plusieurs assises de méristème.

Anthère dorsifixe à déhiscence latérale; section transversale en forme de trapèze isocèle, sillon à la face interne et aux faces latérales, dépression à la face externe.

Épiderme à cellules rectilignes section elliptique, cuticule fortement striée. Parenchyme mécanique ne comprenant qu'une seule assise de cellules à éléments spiralés le long des faces latérales, augmentant graduellement d'épaisseur vers le connectif complètement lignifié, sauf quelques cellules en contact avec le faisceau concentrique qui en occupe la région externe.

Pollen en grains ellipsoïdes légèrement acuminés aux extrémités du grand axe suivant lequel ils mesurent environ 24 μ, tandis que suivant le petit axe, ils ne mesurent que 13 μ (1).

OVAIRE. — *Paroi ovarienne.* — Cellules épidermiques polygonales et isodiamétriques, vues de face, plus petites sur la face externe que sur la face interne; quelques stomates volumineux externes dans la région inférieure. Parenchyme homogène légèrement chloro-

(1) Nous indiquerons désormais ces dimensions en les faisant précéder des lettres A et *a*.

phyllien, formé d'éléments courts, disposés sur trois ou quatre assises.

Dans le fruit, le nombre des assises parenchymateuses n'augmente pas : dans la partie supérieure, les deux assises externes s'épaississent et se lignifient fortement. En regard des nervures et principalement au-dessus des cinq nervures médianes, la sclérification est moindre et les cellules, au lieu d'être isodiamétriques, sont très allongées dans le sens vertical, disposition qui favorise la déhiscence.

Le parenchyme est parcouru par quinze nervures, cinq médianes qui se prolongent tous dans le style, et dix latérales qui s'insèrent à la base des premières, une de chaque côté.

Style. — Section circulaire. Épiderme à cellules prismatiques comme dans les tiges. Parenchyme divisé en deux zones par les faisceaux libéro-ligneux, une zone externe composée de deux assises de cellules prismatiques à parois minces, une zone interne plus épaisse formée de cellules plus étroites, plus allongées, à contenu protoplasmique très abondant autour du canal stylaire trifide. A la base du style, les cellules épidermiques internes sont légèrement bombées vers le canal stylaire ; dans la région supérieure, elles se prolongent en papilles en forme de massue qui oblitèrent le canal stylaire ; cinq à huit faisceaux conducteurs collatéraux très réduits terminés en pinceau dans le stigmate.

Stigmate. — Forme conique à base tournée vers le haut, creusé d'une cavité en entonnoir trifide. Cellules épidermiques toutes prolongées en poils cylindriques deux à quatre fois plus longs que larges ; contenu tannique. — Parenchyme abondant homogène, à cellules très petites et parois très minces constituant le tissu conducteur du stigmate.

Placenta. — Le placenta est loin de remplir toute la cavité ovarienne ; il comprend un pédicelle ayant jusqu'à 2 millimètres de longueur et une partie conique surbaissée ne se prolongeant pas dans le canal stylaire. L'épiderme et le parenchyme externe sont légèrement chlorophylliens, le reste du parenchyme est amylifère.

Ovule. — Les ovules sont généralement nombreux et anatropes. Dans un petit nombre de cas, nous avons observé quelques ovules orthotropes ; c'étaient des anomalies.

Leur structure est commune à toutes les Primulacées que nous avons étudiées, sauf quelques variantes cytologiques. Presque tout le volume de l'ovule est occupé par les deux téguments, le nucelle est très réduit.

Le tégument externe comprend deux assises de cellules prismatiques qui renferment un protoplasme périphérique avec chloroplastes très petits qui se multiplieront pendant le développement de la graine.

Le tégument interne comprend trois assises de cellules gorgées de protoplasme à noyau volumineux ; l'assise interne en contact avec le nucelle est formée de cellules très allongées radialement.

Le nucelle a la forme d'un fuseau étroit qui occupe toute la longueur de l'ovule. Il est constitué par une assise périphérique et une file centrale de grosses cellules dont l'une d'elles placée en regard du micropyle deviendra le sac embryonnaire. Cette cellule se distingue de bonne heure par son volume plus considérable, volume qui s'accroît brusquement pendant que toutes les autres cellules du nucelle diffluent et servent à la nourriture de la première. Les noyaux de la cellule-mère du sac embryonnaire se divisent suivant le mode normal, commun à toutes les angiospermes.

GRAINE. — Nous avons suivi pas à pas les modifications que subissent les différentes parties de l'ovule pour donner la graine. Les cellules de l'assise superficielle du tégument externe se remplissent d'un protoplasme granuleux très dense, augmentent considérablement de volume en repoussant vers l'extérieur leurs parois externes de manière à constituer autant de papilles aussi larges qu'elles.

L'assise sous-jacente épaissit les parois latérales et internes de ses cellules qui présentent bientôt une lumière très réduite remplie par un cristal d'oxalate de calcium.

Une vie intense se manifeste également dans le tégument interne. Les cellules renferment un grand nombre de chloroplastes qui ne disparaissent qu'au moment où la graine est complètement formée. Les téguments jouent donc un rôle physiologique essentiel dans la formation de la graine.

A maturité le protoplasme disparaît complètement des téguments. Les cellules superficielles sont prolongées en papilles prismatiques une fois et demie plus hautes que la largeur des cellules. Les membranes sont minces, cutinisées, ornées de stries parallèles interrompues, perpendiculaires à la surface de la graine.

L'albumen est formé d'abord par un parenchyme formé de cellules polyédriques, à parois minces gorgées d'un protoplasme très dense dont l'activité se déploie en épaississant considérablement les membranes et en accumulant dans sa masse de nombreuses gouttelettes d'huile. L'albumen est donc cellulosique, oléifère et albuminifère.

L'embryon comprend : 1° Deux cotylédons, occupant environ le tiers de sa longueur totale ; 2° un axe hypocotyle cylindrique ; et 3° un sommet végétatif de racine, dans le prolongement exact de l'axe hypocotylé.

Tout l'embryon est recouvert d'un épiderme méristématique,

à parois légèrement épaissies à la surface du sommet végétatif de la racine principale.

Le système conducteur des cotylédons se réduit, à ce stade, à deux faisceaux procambiaux situés très près de la face interne. Ces deux faisceaux se prolongent dans l'hypocotyle en un cylindre de méristème vasculaire tout à fait homogène.

Le sommet végétatif a la structure normale classique.

Section II. — **Fallaces** Pax.

P. Yesoana Miquel.

L'anatomie générale de toute la plante est semblable à celle de *P. sinensis* ; elle en diffère, au point de vue histologique, par la sclérification presque totale du parenchyme fondamental de la tige et même du pétiole, lorsque la différenciation de ces organes est achevée.

Dans la hampe florale le péricycle épais et lignifié nous a montré, en dehors des faisceaux conducteurs et à sa face interne, des fascicules de tissu criblé résultant de la division tardive de quelques cellules péricycliques. Certaines cellules du parenchyme libérien des tubes criblés même se lignifient dans les hampes âgées.

Les caractères morphologiques des sections I et II sont semblables. Il serait rationnel de les réunir. La section III, comme le montre l'étude du *P. Forbesi* Fr. pourrait se joindre à ce groupe.

Section III. — **Monocarpicæ** Franchet.

P. Forbesi Franchet.

Racine latérale. — Structure primaire normale, à cylindre central tétrapolaire. Écorce mince parenchymateuse, à endoderme cloisonné radialement un grand nombre de fois. Faisceaux ligneux et libériens primaires ne comprenant qu'un très petit nombre d'éléments; productions libéro-ligneuses secondaires très abondantes. Le liber forme une couronne continue épaisse ; le bois secondaire dépasse bientôt les pointements ligneux primaires et forme une masse cylindrique centrale de vaisseaux et de parenchyme.

Les ramifications des racines latérales ont un système conducteur primaire tripolaire et possèdent également des productions secondaires abondantes.

Tige. — La tige appartient au même type que celle de *P. sinensis*,

type caractérisé par une couronne libéro-ligneuse augmentant d'épaisseur du sommet à la base, interrompue et découpée en lames triangulaires aux insertions des feuilles.

Dans le péricycle du rhizome, toujours très court, le péricycle renferme des cordons libéro-ligneux concentriques : ce sont le bases des racines latérales qui s'insèrent presque verticalement en ces points.

Feuille. — *Pétiole.* — Section plan convexe, presque rectangulaire. Épiderme à cellules prismatiques volumineuses, paroi externe bombée et épaissie. Poils *n.*-cellulaires, très longs. Parenchyme prismatique, légèrement chlorophyllien et amylifère sous l'épiderme; cellules internes à protoplasme périphérique très réduit. — Système conducteur semblable à celui du *P. sinensis.*

Limbe. — Cellules épidermiques isodiamétriques ou allongées plus volumineuses sur la face interne que sur la face externe, à parois radiales ondulées et minces. Stomates entourés par quatre cellules et poils de deux formes : tri-cellulaires courts et *n.*-cellulaires très longs, de 1 à 2 millimètres, beaucoup plus nombreux sur la face externe que sur la face interne.

Mésophylle sans différenciation palissadique, environ trois,quatre assises de cellules très rameuses. — Nervation semblable à celle du *P. sinensis.*

Hampe florale. — Structure semblable à celle du *P. sinensis.* Cellules épidermiques à parois externes plus épaisses; stomates nombreux. Parenchyme cortical mince très méatique dans la zone externe. Cellules péricycliques lignifiées, à parois peu épaissies. Environ vingt faisceaux libéro-ligneux très inégaux, allongés radialement.

Pédoncule floral. — Structure semblable à celle de *P. sinensis.* Péricycle souvent réduit à une assise de cellules lignifiées. — Six, sept faisceaux libéro-ligneux et entre eux quelques faisceaux libériens très réduits à la face interne desquels se différencient des vaisseaux aux dépens de cellules cloisonnées tangentiellement, bois secondaire par conséquent.

Calice. — Cellules épidermiques ondulées allongées. Stomates très abondants, surtout à la face externe. Poils tri-cellulaires capités. — Parenchyme lacuneux hétérogène, cellules à section très irrégulière, rameuses ou cylindriques, parfois en séries palissadiques, à chloroplastes volumineux. — Système conducteur comprenant cinq nervures médianes terminées en hydathode au sommet, ramifiées dans la partie dialysépale et cinq nervures intercalaires se divisant chacune en deux nervures marginales un peu au-dessous de la

séparation des sépales. La section des nervures est ovalaire et leur composition est la même que celle des nervures foliaires de même volume ; tout à la base quelques cellules péridesmiques sont scléri-

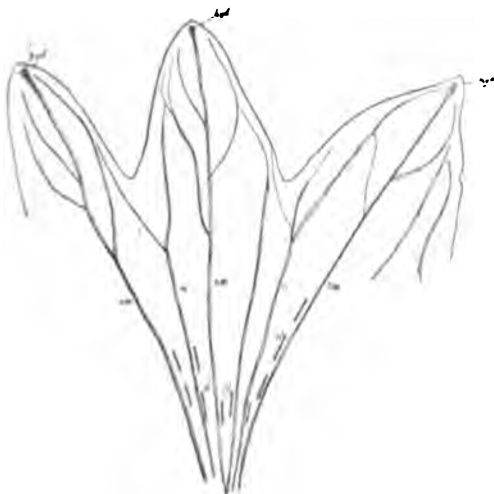


Fig. 50. — Nervation du calice de *Primula Forbesi* : *nm*, nervures médianes ; *ni*, nervures marginales ; *scl*, sclérites ; *hyd*, hydathodes.

fiées. Au point de réunion des sépales, le parenchyme est légèrement lignifié (fig. 50).

Corolle. — Cellules épidermiques externes du limbe à replis internes sur les faces radiales.

Étamine. — Comme *P. sinensis* ; Pollen *en tétraèdres* (fig. 24)

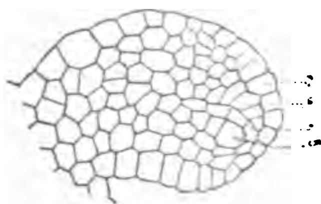


Fig. 51. — Ovule jeune de *Primula Forbesi* en section longitudinale.

à faces courbes, présentant un sillon le long des arêtes et un pore aux sommets.

Ovaire. — Paroi ovarienne à cellules comme *P. sinensis* : trois, rarement quatre assises de parenchyme homogène, cinq faisceaux non ramifiés.

Style à section légèrement polygonale. Épiderme tannifère, paroi externe très épaisse. Presque contre l'épiderme cinq faisceaux libéro-ligneux très réduits. Parenchyme dont les cellules deviennent plus étroites, plus longues et plus riches en protoplasme à mesure qu'on approche du canal stylaire occupé par un prolongement du placenta sur le tiers de sa hauteur.

OVULE. — Des ovules très jeunes montrent les deux téguments d'abord réduits à une assise de cellules chacun. Par des cloisonnements tangentiels le tégument externe devient bisérié, l'interne, trisérié. Les cellules externes et celles en contact avec le nucelle sont tannifères. Nucelle typique avec une file axile de cellules volumineuses diminuant du micropyle, à la chalaze entourée par une assise de cellules plus petites (fig. 51).

SECTION IV. — **Floribundæ** Pax.

P. verticillata Forsk.

RACINE. — *Racine principale.* — Type binaire comme dans *P. sinensis*, à productions libéro-ligneuses secondaires abondantes. — Parenchyme cortical mince (trois assises) très tôt exfolié, sauf l'endoderme cloisonné radialement.

Racine latérale. — Structure normale, parenchyme cortical sérié radialement, sauf tout à fait dans la zone externe ; quatre faisceaux ligneux primaires, cambium libéro-ligneux continu et épais, bois secondaire peu abondant.

TIGE. — 1. Structure anormale dans la région feuillée. Épiderme avec poils tri-cellulaires capités. — Écorce parenchymateuse formée de cellules régulièrement prismatiques, à parois minces, non amylifères, sans présenter encore de gaine endodermique subérifiée autour du cylindre central. — Cylindre central comprenant un péricycle épais *parenchymateux*, une couronne libéro-ligneuse ; traces foliaires très arquées, divisées dans l'écorce en trois faisceaux restant accolés sur un arc presque circulaire; liber mince, sérié radialement, à éléments criblés disséminés au milieu d'un parenchyme cambiforme ; bois d'épaisseur très inégale, formé de vaisseaux et de parenchyme sériés radialement — moelle parenchymateuse homogène. Les arcs libéro-ligneux montrent parfois une tendance à la division en faisceaux.

2. Région inférieure, dépourvue de feuilles et rhizomatoïde. Écorce complètement exfoliée, sauf l'endoderme dont les parois

subérifiées demeurent minces. En plusieurs points il se produit dans le péricycle très élargi des arcs libéro-ligneux surnuméraires.

Les mailles de ce réseau radicifère sont très larges, les arcs libéro-ligneux parcourent des distances verticales bien plus longues que dans le *P. officinalis* où les éléments libéro-ligneux de ce système sont fréquemment coupés dans le sens longitudinal sur une coupe transversale de la tige.

P. floribunda Wallich.

Tige. — Même structure que la tige de *P. verticillata*. Parenchyme cortical amylifère *persistant*, endoderme à cellules volumineuses, membrane primitive subérifiée, épaisse à sa face interne, *réseau radicifère* très peu développé. Bois très compact, sauf dans les traces foliaires vers leur insertion, où les vaisseaux sont disséminés au milieu d'un parenchyme cambiforme.

Feuille. — 1. *Pétiole*. — A la base, section plan convexe avec bords relevés. Épiderme à parois minces, cuticule finement striée. Poils tri-cellulaires et *n*-cellulaires terminés par une cellule sphérique. Parenchyme formé de cellules prismatiques inégales avec méats triangulaires et quadrangulaires. Cellules tannifères très nombreuses.

Système conducteur en arc continu, comprenant plusieurs assises de fibres primitives externes dont quelques-unes sont lignifiées, une bande de tissu criblé, entrecoupée de grandes cellules parenchymateuses tannifères; une bande de tissu vasculaire composé de files radiales de vaisseaux et de parenchyme conducteur, enfin une bande de fibres primitives internes remplissant la concavité de l'arc.

2. *Limbe*. — Entre les nervures, structure bifaciale *à peine indiquée*. Épidermes à cellules ondulées, parois minces. Stomates et poils sur les deux faces, mais beaucoup plus nombreux sur la face externe.

Mésophylle ne comprenant que trois assises de cellules; assise sous-épidermique interne formée de cellules à peine plus longues que larges, laissant fréquemment entre elles des méats qui correspondent aux stomates, le reste formé de cellules à section arrondie ou elliptique avec méats plus volumineux.

Dans la région des nervures fort saillantes, deux assises de cellules prismatiques séparent le faisceau conducteur de l'épiderme interne; sous l'épiderme externe, le parenchyme est semblable à celui du pétiole. Toutes les cellules du mésophylle sont riches en grains

d'amidon. Nervation pennée, nervure médiane et nervures de deuxième ordre terminées en hydathode.

La nervure médiane à la base présente la même structure que le système conducteur du pétiole. A mesure que les sections approchent du sommet, la section devient ovalaire, les fibres péridesmiques diminuent ainsi que les cellules parenchymateuses du bois et du liber.

Hampe florale. — Structure anormale. — Stomates et poils *n*-cellulaires, très longs et très nombreux.

Parenchyme cortical amylifère et tannifère.

Péricycle fibreux, quatre assises, liber et bois en *couronne continue* par suite du grand nombre de faisceaux libéro-ligneux.

Section V. — **Petiolares** Pax.

P. petiolaris Hook.

Racine latérale. — Structure normale. Cylindre central tétrapolaire, productions libéro-ligneuses secondaires peu abondantes. Moelle réduite à quelques cellules. Écorce riche en amidon.

Tige. — "*Type gamostèle*", cordons libéro-ligneux à course très oblique, de telle sorte que sur une coupe les éléments ligneux et libériens sont vus dans le sens longitudinal. Vaisseaux en grande partie annelés ; traces foliaires insérées par des vaisseaux courts très nombreux. Parenchyme fondamental bourré d'amidon.

Feuille. — Limbe graduellement atténué en pétiole. Section en V. Cellules épidermiques et parenchyme prismatiques à la base.

Limbe. — Cellules épidermiques très ondulées. Stomates nombreux et poils peu abondants, 3-4 cellulaires terminés par une cellule sphérique, cellules marginales prolongées, papilles coniques courtes. Mésophylle bifacial avec une assise de cellules palissadiques deux fois plus longues que larges. Nervure médiane : sections en secteur plus grand que le demi-cercle, arc de fibres primitives cellulosiques et de tissu criblé, bois composé d'un grand nombre de vaisseaux, de quelques cellules parenchymateuses et bande de fibres primitives internes.

Système floral comme *P. sinensis*.

Calice : poils épidermiques tri-cellulaires capités. — Nervure médiane et deux ramifications qui se terminent dans deux petites dents de chaque côté du sommet : deux nervures marginales se terminant en anastomoses avec les deux précédentes.

SECTION VI. — **Bullatæ** Pax.

P. bullata Fr.

La rhizome du *P. bullata* Franchet a une structure remarquable au point de vue de l'appareil vasculaire.

L'épiderme et l'écorce s'exfolient. Une assise subéro-phellodermique, d'origine péricyclique, forme un liège épais, fragmenté radialement et un phelloderme dont les cellules, à parois épaissies, sont disposées en séries radiales et concentriques.

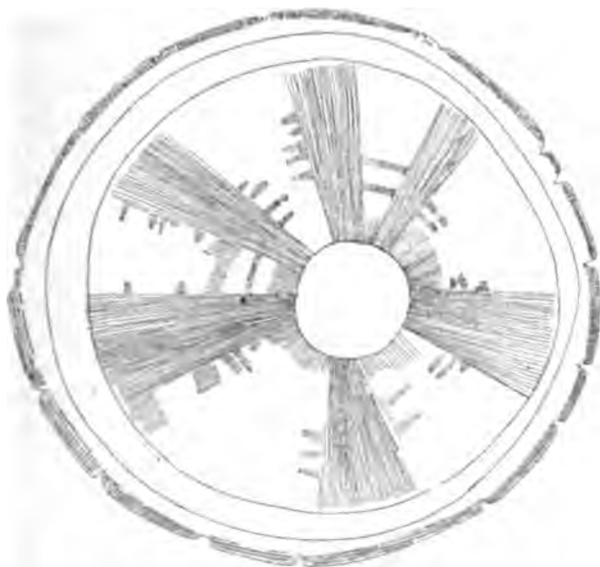


Fig. 52. — Schéma de la tige de *Primula bullata* Fr. : *li*, liège péricyclique; *lc*, tissu criblé; *v. scl*, vaisseaux et sclérenchyme vasculaire; *pv*, parenchyme vasculaire.

L'appareil libérien forme un anneau mince dans lequel l'élémen parenchymateux est prédominant.

L'appareil vasculaire occupe presque toute la masse de l'organe Sur un rhizome présentant un rayon de 3 millimètres environ, l'anneau vasculaire présente une épaisseur de 2 millimètres.

Les éléments qui le constituent sont des vaisseaux et du paren-

chyme vasculaire lignifié ou cellulosique combinés d'une manière singulière (fig. 52).

Autour de la moelle parenchymateuse homogène, vient d'abord un anneau complètement lignifié, avec pointements primitifs en petit nombre; le parenchyme lignifié y est très abondant et sérié radialement. De cet anneau, six bandes rayonnantes, également lignifiées, divergent jusqu'à l'assise génératrice libéro-ligneuse; les vaisseaux allant en augmentant de nombre vers la périphérie. Enfin l'espace compris entre ces bandes lignifiées est occupé par un parenchyme en majeure partie cellulosique, déchiré régulièrement (1) de manière à donner des lames tangentielles parallèles, quelquefois envahies par la lignification.

FEUILLE. — Forme obovale, graduellement atténuée à la base.

Structure du limbe nettement bifaciale.

Épiderme interne, cellules isodiamétriques vues de face, à contours

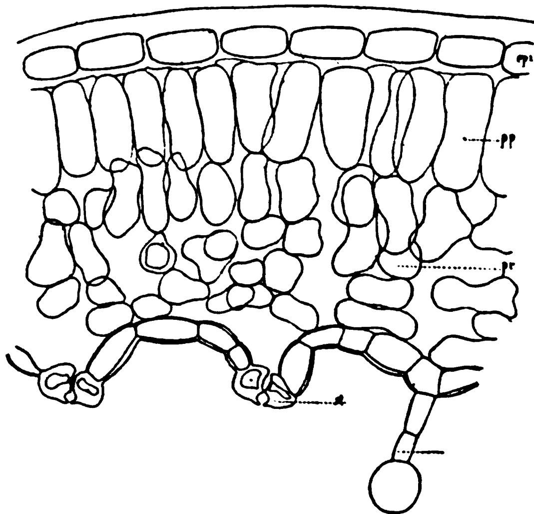


Fig. 53. — Coupe transversale du limbe de la feuille de *Primula bullata* Franchet : *epi*, épiderme interne ; *pp*, parenchyme palissadique; *pr*, parenchyme rameux (gr. = 300).

légèrement ondulés et paroi externe très épaisse; pas de stomates et poils 3, rarement 4-cellulaires capités. A la face externe, au-dessus des nombreuses nervures, cellules prismatiques rectilignes et poils; dans les mailles un peu enfoncées, cellules ondulées très petites,

(1) Dans les matériaux d'herbier et vraisemblablement dans les tiges âgées.

entremêlées de très nombreux stomates proéminents et de nombreux poils. Toutes les cellules sont recouvertes d'un enduit jaune formé par une substance pulvérulente en bâtonnets.

Le mésophylle est constitué entre les nervures par deux assises de cellules palissadiques, la plus profonde formée en certains points de cellules légèrement rameuses, et par trois assises environ de cellules très rameuses; lacunes sous-stomatiques très accusées (fig. 54).

Dans la région des nervures, toutes très saillantes, la différenciation ci-dessus cesse, le parenchyme est très abondant à la face externe.

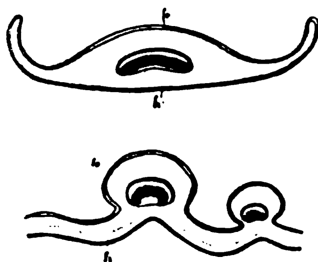


Fig. 54 et 55. — Coupe transversale schématique du pétiole et du limbe dans la région de la nervure médiane de la feuille de *Primula bullata*; *fi*, face interne.

Le système conducteur comprend dans son ensemble : 1° une nervure médiane qui forme une bande libéro-ligneuse très étalée dans la région pétiolaire, et qui prend une section flabelliforme dans le limbe (fig. 54 et 55) ; 2° des nervures de second ordre, parallèles, à section flabelliforme à la base, ovalaire au sommet ; 3° un réseau très serré, à mailles quadrilatères.

Dans les nervures saillantes, les éléments constitutifs sont des fibres primitives externes et internes collenchymatoïdes, sur plusieurs assises, une large bande de tissu criblé du type normal, un arc épais de tissu vasculaire à vaisseaux en files radiales serrées et longues, entremêlées de rares files de parenchyme vasculaire.

Section VII. — Vernales Pax.

Racine. — *Racine principale.* Structure binaire normale à productions libéro-ligneuses peu développées.

Racine adventive. — Structure normale. Parenchyme cortical et collenchymatoïde dans la zone externe ; péricycle pouvant présenter une à cinq assises de cellules; cinq, six lames ligneuses et libériennes primaire, moelle large. Bois et liber secondaires développés à la face interne du liber primaire et surtout dans les rayons, masquant ainsi la structure primaire.

Tige adulte. — Structure anormale, Écorce bourrée d'amidon; parois épaissies ponctuées dans la zone interne ; endoderme subé-

rifié. Système conducteur composé d'une couronne libéro-ligneuse normale, interrompue aux points d'insertion des feuilles et d'un *réseau libéro-ligneux radicifère développé aux dépens de l'assise péricyclique primitive*; vaisseaux du bois très inégalement répartis entremêlés d'un parenchyme abondant. Moelle : parenchyme épaissi et ponctué, parsemé de *paquets de sclérenchyme dans les régions âgées.*

FEUILLE. — *Pétiole.* — A la base, section demi-circulaire, concave à la face interne ; au milieu, section triangulaire ailée.

Épiderme portant de très nombreux poils des deux formes tri-cellulaires courts et *n*-cellulaires très longs, toutes deux capitées.

Parenchyme à cellules bourrées d'amidon au moment de la fructification, sauf dans les cellules tannifères très nombreuses et régulièrement réparties. Endoderme légèrement lignifié, lame moyenne subérifiée.

Trace foliaire, unifasciculée à son insertion, ramifiée avant la séparation de la feuille. Sa section est réniforme, celle de ses deux rameaux latéraux est concentrique. Faisceau médian : fibres péridesmiques externes embrassant toute la courbure externe, sur quatre assises environ toutes lignifiées. Tissu criblé en lame arquée mince à cellules parenchymateuses tannifères. Bois beaucoup plus épais que le tissu criblé, vaisseaux et parenchyme cellulosique tannifère; dans la concavité interne, fibres péridesmiques lignifiées

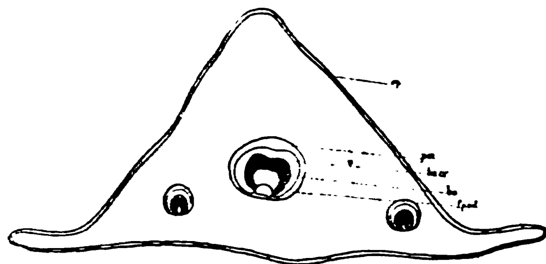


Fig. 56. — *Primula acaulis.* Coupe transversale schématique du pétiole : *ep*, épiderme; *per*, péridesme; *tis.cr*, tissu criblé; *bo*, bois; *fp.scl*, fibres péridesmiques internes sclérifiées.

(fig. 56). Les premières ramifications de la trace foliaire sont concentriques à la base, le liber se retire graduellement vers la face externe en s'approchant du limbe; quelques fibres externes lignifiées.

Limbe. — Épiderme à cellules ondulées avec épaississements asymétriques aux points de courbure Stomates et poils des deux

formes sur les deux faces, la forme *n*-cellulaire est très longue et forme presque un feutrage à la face externe.

Mésophylle bifacial; tissu palissadique lâche, lacuneux sous les stomates, une assise, quelquefois deux assises de cellules irrégulièrement cylindriques. Parenchyme lacuneux à cellules très rameuses disposées sur quatre ou cinq assises. Nervation pennée, réticulée. Nervure médiane saillant en crête. Faisceau conducteur à section encore réniforme, au milieu, à fibres péridermiques externes collenchymatoïdes, quelques fibres internes lignifiées.

HAMPE FLORALE. — Structure normale. — Stomates et poils de deux formes, tri-cellulaires capités et *n*-cellulaires unisériés, à pointe aiguë. Parenchyme cortical tannifère dans la zone interne. Péricycle scléreux épais; six à dix faisceaux libéro-ligneux à *liber* complètement *enfoncé dans l'anneau scléreux.*

La lecture de la figure 19 montre le passage du système conducteur de la hampe à celui des pédoncules floraux et des bractées.

PÉDONCULE FLORAL. — Même anatomie générale que la hampe. Poils épidermiques plus nombreux. Écorce lacuneuse. *Cinq* faisceaux libéro-ligneux.

BRACTÉE. — Cellules épidermiques allongées à parois rectilignes ou légèrement curvilignes, faiblement sinuées vers le sommet. Stomates assez abondants sur la face interne, en nombre très limité sur la face externe. Poils *n*-cellulaires longs très nombreux sur la face externe, en petit nombre sur la face interne. Parenchyme rameux de la base au sommet formé de cellules allongées dans le sens de la nervure médiane sur deux assises vers les bords, trois vers le milieu, plus abondant à la face externe de la nervure.

Parcours des faisceaux dans le réceptacle floral. — Les cinq faisceaux du pédoncule se divisent en trois rameaux, le médian se prolonge directement dans la nervure médiane des sépales, les deux latéraux se réunissent à droite et à gauche avec leurs voisins pour former les faisceaux pétalaires. Dès que ces dix faisceaux sont constitués, les placentaires viennent s'unir à eux sur leurs faces latérales, puis les faisceaux intercalaires de la corolle s'unissent aux sépalaires et les faisceaux marginaux du calice sur les pétalaires. La paroi ovarienne renferme à sa base dix faisceaux libéro-ligneux, les cinq médianes rejoignent les pétalaires, les cinq marginaux les placentaires (fig. 20).

CALICE. — Cellules épidermiques ondulées allongées; stomates et poils comme dans le limbe de la feuille.

Parenchyme rameux de la base au sommet.

Système conducteur constitué par cinq faisceaux médians abon-

damment ramifiés dès la base. Il n'y a pas les cinq nervures intercalaires que j'ai décrites dans la corolle de *P. sinensis*.

COROLLE. — Poils tri-cellulaires courts nombreux dans la région de la gorge.

Parenchyme formé de cellules cylindriques, très longues, plus ou moins tortueuses et unies bout à bout.

Système conducteur comme *P. sinensis*.

ÉTAMINE comme *P. sinensis*.

PISTIL. — Paroi ovarienne comme *P. sinensis*. Style. — Quelques rares poils *n*-cellulaires capités. Zone parenchymateuse externe plus épaisse que dans *P. sinensis*; six faisceaux libéro-ligneux. Canal stylaire trifide très étroit, avec quelques cellules papilleuses.

Stigmate sphérique, à papilles très longues. Parenchyme conducteur formé de cellules à section polygonale régulière et à parois minces. Les bords de l'ouverture du canal stylaire se touchent.

PLACENTA. — Parenchyme bourré d'amidon. A la maturité des graines, il est parsemé de cellules lignifiées, spiralées. — Faisceaux conducteurs concentriques au nombre de dix vers leur insertion, fusionnés de manière à n'en donner que six, sept. Ces faisceaux

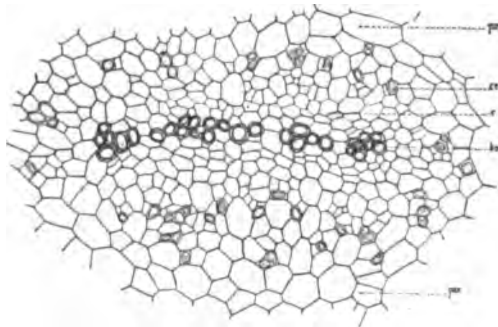


Fig. 57. — *Primula acaulis*. Coupe transversale d'un faisceau placentaire, faite dans le sommet du placenta : *par*, parenchyme ; *cr*, tissu criblé ; *c*, cambium ; *bo*, bois (gr. = 450).

sont fréquemment étirés dans le sens tangentiel, le bois forme alors une bande étroite (fig. 57).

OVULE. — Ovules très nombreux de forme sphérique à structure typique normale, sauf pour le tégument interne qui au lieu de trois assises de cellules en comporte six environ, par suite du cloisonnement de l'assise moyenne. C'est à ce cloisonnement qu'est due la forme un peu anormale des ovules.

GRAINE. — Comme *P. sinensis*.

P. acaulis Jacq.

Structure semblable à celle de *P. officinalis*.

Le système vasculaire de la tige présente une tendance marquée à se diviser en faisceaux libéro-ligneux tous équivalents au point de vue de la forme et des dimensions.

Le parenchyme cortical forme un liège dans sa zone externe.

FEUILLE. — A la base de la feuille, la nervure médiane présente une structure concentrique, le liber enveloppe complètement le bois, limitant un peu de parenchyme au centre. L'anneau conducteur est néanmoins plus épais du côté externe; il s'ouvre, devient flabelliforme, puis ovalaire au sommet du limbe.

Les nervures de second ordre déterminent, comme la nervure médiane, des saillies très fortes à la face externe, saillies où les poils sont très nombreux et très longs.

P. elatior Jacq.

Structure semblable à celle de *P. officinalis*.

SECTION VIII. — **Soldanelloides** Pax.

Pr. pinnatifida Franchet.

RACINE ADVENTIVE. — Écorce épaisse (3/4 R) amylifère; quatre faisceaux ligneux primaires peu développés. Productions libéro-ligneuses peu abondantes à la face interne du liber primaire; moelle parenchymateuse.

FEUILLE. — Trace foliaire unifasciculée à son insertion, émettant deux rameaux dès la base; section circulaire, liber et bois en parties égales et collatérales.

LIMBE. — Cellules épidermiques à contours rectilignes ou à peine ondulées (30-40 μ). Stomates sur les deux faces, abondants surtout sur la face externe. Poils de deux formes, tri-cellulaires capités courts *n*-cellulaires capités très longs. Mésophylle bifacial : une assise de cellules palissadiques, trois, quatre de cellules rameuses. Nervation pennée, hydathodes à toutes les dents de la feuille. Toutes les nervures importantes sont entourées par un endoderme.

Section IX. — **Auriculatæ** Pax.

P. auriculata Lamark.

Feuille. — *Pétiole.* — Trace foliaire plurifasciculée comprenant un faisceau médian et une série de faisceaux latéraux diminuant graduellement de volume. Faisceau médian à section demi-circulaire; fibres primitives internes très abondantes formant un massif demicirculaire à la face interne de la lame ligneuse; gaine endodermique autour de tous les faisceaux. — *Limbe* : structure bifaciale. Cellules épidermiques à contours ondulés ou en lignes brisées avec épaississements aux points de courbure. Poils tri-cellulaires capités, sur les deux faces. Stomates sur la face inférieure seulement, très nombreux, une assise de cellules palissadiques.

Nervation pennée réticulée. Dans chaque dent de la feuille, la nervure correspondante se termine en hydathode.

Hampe florale, pédoncule floral comme *Primula sinensis*.

Calice. — Épiderme externe : cellules à paroi externe bombée en papille conique courte. Stomates très nombreux. Poils tri-cellulaires sur les deux faces.

Corolle. — Poils tri-cellulaires clairsemés à la face interne du limbe.

Paroi ovarienne. — Parenchyme comprenant deux assises de cellules lignifiées au sommet, l'externe beaucoup plus que l'interne. Tout le reste comme *P. sinensis*.

Section X. — **Capitatæ** Pax.

P. denticulata Smith.

Racines principale et adventives identiques à celles du *P. officinalis.*

Tige. — La structure de la tige est en relation étroite avec celle du pétiole. Elle varie considérablement suivant la distance du point considéré au sommet de la tige où le système libéro-ligneux est constitué par des arcs libéro-ligneux à bords recourbés identiques à ceux du pétiole dont ils ne sont que la continuation. Plus bas, ces arcs se fusionnent plus ou moins donnant ainsi des bandes libéro-ligneuses ou une couronne libéro-ligneuse anormales puisqu'elles présentent à la face interne du bois normal, du bois et du liber inversement orientés. Un arc libéro-ligneux pétiolaire, peut, dans cer-

tains cas, se continuer partiellement dans la tige par un cordon concentrique (fig. 58).

Cette structure n'est donc qu'une complication du type « *Monostélique* » de M. Van Tieghem et non une tige « *gamostèle* » proprement dite.

P. capitata Hook.

La racine et la tige ont la même structure que dans l'espèce précédente.

FEUILLE. — A son insertion sur le système conducteur de la tige, la trace foliaire est concentrique et bilatérale ; avant la séparation de la feuille, elle émet deux rameaux latéraux également concentriques et bilatéraux. Dans la région pétiolaire, ces rameaux deviennent collatéraux ainsi que la nervure médian.

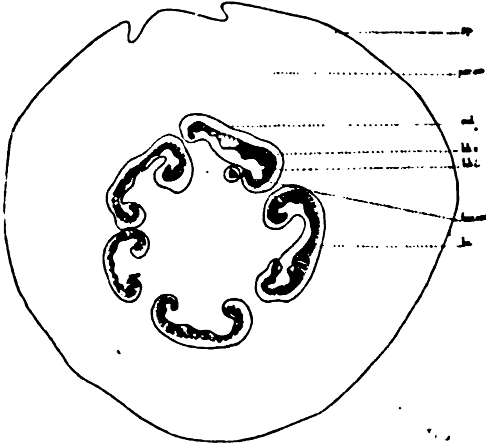


Fig. 58. — *Primula denticulata.* Coupe transversale schématique du sommet de la tige : *lib. e*, liber externe ; *lib. i*, liber interne ; *faisc. conc*, faisceau concentrique.

LIMBE. — Épiderme à cellules ondulées, celles de l'épiderme interne beaucoup plus volumineuses et à parois moins ondulées que celles de la face externe. Stomates sur la face externe seulement, très nombreux et légèrement proéminents. Poils tri-cellulaires capités sur les deux faces. — Mésophylle bifacial ; tissu palissadique d'épaisseur variable, une, deux, trois assises de cellules irrégulièrement cylindriques ; tissu lacuneux très épais à cellules fort petites.

SECTION XI. — **Farinosæ** Pax.

P. farinosa L.

Racine adventive. — Parenchyme cortical collenchymatoïde dans la région externe, quelquefois même dans la zone interne toujours épaisse ; trois à cinq lames ligneuses primaires, vaisseaux secondaires abondants et formation tardive de vaisseaux aux dépens des cellules de la moelle.

TIGE. — Structure anormale, du type *polystélique* de MM. Van

Tieghem et Douliot, variant notablement de la base au sommet. A la base, le système conducteur est formé par un réseau de faisceaux concentriques à section circulaire ou convexe-concave lorsqu'ils sont isolés, fusionnés en arcs concentriques ou collatéraux disposés sur un cercle ; vers le sommet, le liber disparaît peu à peu de la face interne de ces arcs jusqu'à donner des bandes collatérales sur un cercle ou toutes groupées d'un côté à l'insertion des faisceaux de la hampe florale. Au-dessus de cette insertion, il n'y a plus de liber et de bois internes, l'appareil conducteur y est du même type que dans les tiges de *Primula* à structure normale.

FEUILLE. — Structure bifaciale. Épiderme externe à cellules ondulées très petites, stomates abondants et poils d'une forme, tri-cellulaires courts. Épiderme interne : cellules à contours rectilignes ou à peine ondulés, stomates et poils peu nombreux. — Mésophylle : une assise de cellules palissadiques et parenchyme rameux très lacuneux sous l'épiderme externe, cellules tannifères nombreuses. A la base de la feuille, parenchyme prismatique ou cylindrique lacuneux parsemé de sclérites. — Nervation pennée à nervure médiane et nervures de second ordre terminées en hydathodes dans les dents de la feuille (fig. 14). Nervure médiane à section réniforme à la base ; liber enveloppant presque complètement le bois disposé en éventail ; gaine subérifiée plus ou moins complète.

HAMPE FLORALE (9 à 12 faisceaux libéro-ligneux) et pédoncule floral (5 faisceaux) à structure typique normale.

Pr. longiflora All.

La seule différence que présente cette espèce avec le *P. farinosa L.* réside dans le nombre et la disposition des stomates, absents à la face interne de la feuille et au contraire extrêmement nombreux à la face externe.

Pr. sibirica Hook.

Anatomie identique à celle du *P. longiflora*.

SECTION XII. — **Minutissimæ** Pax.

Nous n'avons pu étudier de type de cette section.

SECTION XIII. — **Tenellæ** Pax.

P. bella Franchet.

RACINE ADVENTIVE. — Cylindre central très étroit ; trois, quatre lames ligneuses primaires complètement entourées par de larges vais-

seaux secondaires ; trois, quatre cordons libériens distincts. Assise pilifère subérifiée, assise subéreuse à cellules épaissies sur les faces latérales et internes, parenchyme cortical collenchymateux dans la zone externe, riche en cellules tannifères, endoderme à parois épaisses.

TIGE. — Structure anormale avec développement considérable de sclérenchyme. Système libéro-ligneux formé par une série de lames libéro-ligneuses arquées, disposées en cercle, entourées chacune par un endoderme subérifié. Le liber très épais sur leur face externe entoure partiellement le bois formé de files radiales de vaisseaux entremêlés de parenchyme ; à leur face interne, lame tangentielle de fibres lignifiées.

La sclérification du parenchyme fondamental est poussée très loin et varie avec le niveau. Au centre de la tige, entre les lames conductrices sur leur face externe et autour des faisceaux foliaires, sclérenchyme en amas volumineux.

FEUILLE de petite dimension et de forme caractéristique : région d'insertion large, se rétrécissant en un pétiole aplati, court, terminé par un limbe divisé en cinq lobes triangulaires profonds ; la nervure médiane envoie une nervure dans chacun de ces lobes.

Structure bifaciale dans le limbe. Épiderme interne sans stomates avec de rares poils et des cellules à parois radiales moniliformes de face, rectilignes ou légèrement curvilignes; cuticule fortement striée. Épiderme externe à stomates tellement abondants qu'ils se touchent presque. Poils nombreux ; cellules épidermiques beaucoup plus petites que sur la face opposée. — Trois assises de cellules palissadiques larges occupant les deux tiers de l'épaisseur totale, trois assises de cellules rameuses.

A la base, parenchyme homogène *parsemé de sclérites* isolés ; cellules tannifères nombreuses.

PÉDONCULE FLORAL. — Cinq faisceaux larges et rapprochés, s'étalant en arc sous la fleur.

CALICE. — Cellules épidermiques à parois droites, celles de l'épiderme interne épaissies et lignifiées à la base. Cuticule à stries longitudinales parallèles. Stomates et poils 3 et 4-cellulaires.

Mésophylle homogène, lacuneux.

Le reste de la fleur a la même structure que dans *P. sinensis*.

COROLLE. — Épidermes tannifères. Autour des faisceaux, gaine de parenchyme tannifère. La face interne porte des *poils unisériés pluricellulaires*, très allongés formés de cellules en tonneau. C'est la première fois que nous observons cette forme de poils chez les Primevères, forme semblable à celle que nous verrons chez les *Anagallis*.

Ovaire. — Parenchyme prismatique plus abondant dans la région des cinq nervures médianes, très réduites.

Placenta. — Riche en malophosphate de calcium (1); trois, quatre faisceaux concentriques serrés sur un cercle, au centre du parenchyme.

Section XIV. — **Nivales** Pax.

Primula sikkimentis Hooker.

Racine. — *Racine latérale* (Diam. 2 millimètres). Structure normale avec productions secondaires très réduites. Assise pilifère devenant épidermoïde en épaississant ses parois externes. Assise subéreuse à cellules très allongées radialement. Parenchyme cortical occupant les 5/6 du rayon total, collenchymatoïde dans les assises périphériques. Cylindre central comprenant neuf lames ligneuses primaires, cambium donnant surtout du tissu criblé secondaire à la face interne des cordons primaires. Moelle formée de cellules prismatiques sans méats.

Tige. — Structure semblable à celle de *P. sinensis*. La zone interne de l'écorce dans les tiges âgées est le siège d'un cloisonnement tangentiel très intense, alors que la région externe de l'écorce n'est pas exfoliée. Les assises périphériques du tissu secondaire ainsi formé se transforment en liège.

Moelle parenchymateuse à la périphérie, devenant subérifiée plus vers le centre et de nouveau parenchymateuse au centre.

Feuille. — 1. *Cotylédon*. — Pétiole (longueur: 8 millimètres environ). Section demi-circulaire. Même structure que *P. sinensis*.

Limbe. — Épiderme à cellules ondulées. Poils tri-cellulaires capités, courts sur les deux faces; stomates sur la face inférieure. Parenchyme faiblement bifacial; assise palissadique unique, à cellules lâchement unies; tissu lacuneux formé de quatre assises de cellules rameuses très aplaties parallèlement à la surface. Nervure médiane terminée en hydathode, et une ou deux nervures secondaires de chaque côté.

Feuille. — La trace foliaire simple à son insertion sur le cylindre central de la tige, se divise dans l'écorce en un faisceau médian concentrique et bilatéral et deux faisceaux latéraux concentriques.

Limbe. — Cellules épidermiques ondulées plus volumineuses à la face interne (L $= 60\ \mu$, $l = 45\ \mu$) qu'à la face externe (L $= 30\ \mu$, $l = 20\ \mu$) où les stomates sont extrêmement abondants (environ

(1) Dans les matériaux ayant séjourné longtemps dans l'alcool.

400 par millimètre carré) et proéminents. Poils très nombreux sur la face externe, rares sur la face interne de même que les stomates. Parenchyme bifacial : deux assises de cellules palissadiques peu allongées et quatre, cinq assises de parenchyme rameux. Nervation pennée réticulée, nervure médiane et nervures secondaires terminées en hydathodes, nervure médiane à section en segment plus grand que le demi-cercle.

Gaine endodermique enveloppant les nervures les plus volumineuses.

SECTION XV. — **Barbatæ** Pax.

P. vinciflora Franchet.

RACINE. — *Racine latérale.* — *Assise pilifère persistante* subérifiée, assise subéreuse munie d'nn *épaississement cellulosique* considérable sur la face tangentielle interne de ses cellules. Parenchyme cortical épais (5/6 du rayon total), à *parois cellulaires très épaissies*, endoderme normal. — Cylindre central présentant huit lames ligneuses primaires s'avançant près du centre où se différencient tardivement des vaisseaux primaires de seconde formation ; faisceaux criblés composés en grande partie de liber secondaire. Les ramifications, très minces, sont construites sur le type binaire.

TIGE. — Type « *monostèlique* » normal sans réseau radicifère. Stomates clairsemés. Poils tri-cellulaires courts à cellule terminale sphérique volumineuse. — Parenchyme cortical collenchymatoïde sous l'épiderme, à protoplasme périphérique, sans amidon.

Système conducteur en couronne continue, à péricycle mince, liber du même type que *P. officinalis* ; bois formé de files radiales de vaisseaux en couronne continue.

FEUILLE. — Les feuilles sont de deux formes, les plus âgées sont squameuses et recouvrent la partie inférieure de la tige de la même manière que les écailles d'un bulbe de Lis, les autres sont du type normal à limbe atténué vers la base.

Squames. — Cellules épidermiques polygonales régulières vues de face à parois radiales uniformément épaissies. Stries cuticulaires légèrement ondulées et parallèles, de directions différentes d'une cellule à l'autre, stries transverses au-dessus des cloisons. Pas de stomates. Poils tri-cellulaires courts à cellule terminale sphérique volumineuse, extrêmement nombreux sur la face externe, clairsemés sur la face interne. — Parenchyme homogène collenchymatoïde aux angles ; cellules prismatiques volumineuses remplies d'amidon.

Système conducteur constitué à la base par une lame libéro-li-

gneuse légèrement arquée, enveloppée par un endoderme. Elle se ramifie un petit nombre de fois en faisceaux à section ovalaire également entourés par une gaine subérifiée.

Feuille normale. — Dans la partie large du limbe, cellules polygonale vues de face, moitié moins larges que dans les squames. — Stomates très nombreux à la face externe. Deux formes de poils, celle déjà citée et des poils *n*.-cellulaires très longs terminés par une petite cellule sphérique, tous dirigés vers le haut du limbe à la face externe. — Parenchyme bifacial : deux assises de cellules palissadiques n'occupant qu'une faible épaisseur, le reste étant occupé par un parenchyme très rameux.

Dans la région pétiolaire le parenchyme est formé de cellules régulièrement prismatiques.

Comme dans les feuilles squameuses le système conducteur de la feuille s'unit à celui de la tige par une bande libéro-ligneuse faiblement arquée qui se ramifie dès la base suivant le mode penné ; les nervures ne se terminent pas en hydathodes.

Section XVI. — **Macrocarpæ** Pax.

Primula Fauriæ Franchet.

Racine latérale. — Système conducteur tétrapolaire ; productions secondaires très réduites. Écorce très épaisse, riche en amidon, assise pilifère persistante et subérifiée.

Tige. — Structure anormale : « type polystélique de MM. Van Tiehgem et Douliot. Faisceaux conducteurs à section circulaire ou réniforme, disposés sur un cercle, avec anastomoses nombreuses.

Épiderme avec quelques stomates et poils tri-cellulaires courts. Parenchyme fondamental parsemé de sclérites isolés dans l'écorce, groupés en paquets dans la moelle. Gaine endodermique subérifiée autour de chaque faisceau conducteur. A la périphérie des faisceaux concentriques circulaires : deux assises de fibres primitives ; à la face interne des faisceaux à section réniformes : bois centripète peu développé et fibres primitives abondantes.

Feuille. — *Pétiole* embrassant la tige sur un tiers de sa circonférence ; à la base section en croissant, au milieu section plan convexe à bords révolutés. Cellules épidermiqeus externes beaucoup plus volumineuses que les internes; poils tri-cellulaires très abondants ; stomates très nombreux à la face externe seulement. Système conducteur comme *P. denticulata*.

Limbe. — Épiderme bifacial, cellules du côté interne, très volumi-

neuses, à contours légèrement curvilignes et sinueux, parois épaissies aux courbures, cuticule à stries parallèles, très fines; cellules de la face externe, plus petites, à contours curvilignes très sinueux ; stomates et poils tri-cellulaires très nombreux. Mésophylle à différenciation palissadique faible ou nulle ; entre les nervures environ quatre assises de cellules diminuant de diamètre et devenant plus rameuses en allant de la face supérieure vers la face inférieure.

Section XVII. — **Callianthæ** Pax.

P. callianthe Franchet.

Racine. — *Racine latérale.* — Endoderme à épaississement cellulosique interne. Cylindre central étroit, six lames ligneuses primaires réduites, vaisseaux secondaires peu abondants accolés aux lames ligneuses primaires.

Tige. — Tige rhizomateuse à portion aérienne très courte complètement cachée par les feuilles. La structure (type anormal) varie considérablement avec le niveau ; vers le sommet : arcs conducteurs collatéraux distincts, à courbure plus ou moins accentuée, disposés sur un cercle. Ces arcs deviennent graduellement concentriques à commencer par les bords, puis ils se soudent en une couronne à bois et liber doubles, le système libéro-ligneux interne étant toujours moins développé que l'externe.

Feuille. — Limbe à bord denté s'atténuant en un pétiole aplati inséré sur la tige par une base large.

Cellules épidermiques à parois radiales ondulées épaissies, cuticule à stries continues parallèles et rectilignes. Stomates volumineux très abondants sur les deux faces. Poils 3,4-cellulaires à cellule terminale sphérique. — Mésophylle bifacial dans le limbe entre les nervures saillantes; une assise de cellules palissadiques et trois, quatre assises de cellules rameuses.

Dans le pétiole et à la face externe des nervures saillantes cellules prismatiques régulières.

Le système conducteur foliaire se réunit à celui de la tige par un arc de faisceaux collatéraux comprenant une nervure médiane et deux, trois nervures latérales. Dans le limbe la nervation est pennée réticulée du type du *P. officinalis*; dans chaque denticule une nervure se termine en hydathode. Faisceau médian et faisceaux latéraux à section elliptique dans le pétiole; fibres péridesmiques externes sclérifiées ; bois uniquement formé de vaisseaux ; dans le limbe, bois formé de parenchyme et de vaisseaux.

SECTION XVIII. — **Cordifoliæ** Pax.

Primula rotundifolia Franchet.

TIGE. — Structure normale. Parenchyme cortical à cellules volumineuses *entremêlées de sclérites*, endoderme subérifié cloisonné radialement.

Système conducteur en couronne continue ; péricycle plurisérié collenchymatoïde : tissu criblé collenchymatoïde épais renfermant quelques sclérites, bois mince, formé de vaisseaux, de parenchyme cellulosique et de sclérites. Parenchyme médullaire semblable à celui de l'écorce.

FEUILLE. — *Pétiole.* — Plan convexe à la base, prolongé latéralement en ailes ; vers le milieu, section circulaire aplatie du côté interne. Épiderme : cellules à section elliptique, paroi tangentielle interne épaissie, cellules parenchymateuses sous-jacentes collenchymatoïdes. Poils de deux formes, tri-cellulaires courts à cellule terminale sphérique et poils *n*-cellulaires très longs, acuminés à cuticule ponctuée de petites stries longitudinales. — Parenchyme épais, à cellules tannifères très nombreuses.

Le système conducteur varie de forme avec le niveau. A la base c'est une lame arquée dont les bords se touchent, presque complètement enveloppée par un anneau de sclérenchyme péricyclique qui s'enfonce vers le parenchyme conducteur central, plus haut l'anneau scléreux, le tissu criblé et le bois forment un anneau continu dont la symétrie bilatérale devient difficile à saisir.

Limbe. — Épiderme à cellules à contours curvilignes très ondulés à la face externe, à contours rectilignes à la face interne. Stomates et poils tri-cellulaires courts très abondants à la face externe ; quelques poils *n*-cellulaires à cellule terminale acuminée. Cuticule ponctuée. Mésophylle bifacial : une assise de cellules palissadiques, quatre assises de cellules rameuses étalées dans le sens tangentiel. Système conducteur formé par une nervure médiane, ramifiée dès la partie supérieure du pétiole en nervures de deuxième ordre symétriques terminées en hydathodes riches en vaisseaux.

HAMPE FLORALE. — Structure typique. Épiderme à stomates proéminents nombreux ; poils des deux formes citées pour la feuille. Parenchyme corticale mince, (cinq assises de cellules cylindriques), Péricycle mince sclérifié (deux, trois assises) plus de vingt faisceaux libéro-ligneux ; moelle très large (4/5 du rayon total).

SECTION XIX. — **Proliferæ** Pax.

Primula japonica. Asa Gray.

RACINE. — Racines latérales de 15 centimètres de longueur environ, très nombreuses et étroitement serrées tout autour de la base de la tige, avec radicelles sur la moitié inférieure seulement. Diamètre basilaire : 3 millimètres en moyenne. Assise pilifère persistante, parois externes fortement bombées vers l'extérieur, assise subéreuse à cellules très allongées radialement ; parenchyme cortical sérié radialement sur presque toute son épaisseur, bourré d'amidon, et occupant les 5/6 du rayon total. A la base sept lames ligneuses primaires étroites, allongées radialement ; cordons libériens à section circulaire, présentant sur leurs faces radiales et internes un cambium très actif ne donnant que du tissu criblé. Dans la moitié inférieure le nombre des faisceaux ligneux diminue.

TIGE. — Structure anormale due au développement considérable du réseau conducteur radicifère. La tige est très courte et porte de nombreuses racines adventives de telle sorte que l'écorce parenchymateuse et bourrée d'amidon est traversée par de nombreux cylindres centraux de racines, ainsi que par de nombreuses traces foliaires. Le système conducteur comprend des lames libéro-ligneuses, plus ou moins étendues, disposées sur un cercle. A la face externe du système libéro-ligneux normal se trouve une autre lame libéro-ligneuse très développée dans cette espèce, constituant le réseau radicifère. La moelle est constituée par un parenchyme semblable à celui de l'écorce.

FEUILLE. — La trace foliaire au moment où elle se détache du cylindre central forme une lame arquée, qui déjà dans l'écorce de la tige émet deux rameaux. Ces trois faisceaux deviennent à la sortie concentriques et bilatéraux et se comportent plus haut comme dans *P. denticulata*.

Limbe. — Épiderme à cellules ondulées surtout à la face externe où les stomates sont extrêmements abondants. Poils tri-cellulaires courts ; cellules tannifères parsemées. — Mésophylle faiblement bifacial et peu rameux ; assise sous-épidermique interne faiblement palissadique; trois assises de cellules diminuant de volume vers l'épiderme externe. A la face externe des nervures saillantes parenchyme chlorophyllien, à cellules prismatiques volumineuses. Nervation pennée réticulée ; nervure médiane à section transversale en arc, dont les bords se touchent encore au milieu du limbe.

Le bord de la feuille est denté et dans chaque dent les nervures correspondantes se terminent en hydathodes. Cette espèce nous apparaît donc comme un type franchement adapté aux stations humides.

Section XX. — **Auricula** Tourn.

P. auricula L.

Racine. — *Racine principale.* — Structure binaire typique, grand développement de productions libéro-ligneuses secondaires ; bois primaire formant une lame bipolaire centrale, bientôt indistincte au milieu des vaisseaux secondaires. Parenchyme cortical à parois épaissies même celles de l'assise subéreuse et de l'endoderme.

Racine latérale. — Structure normale. — Système conducteur tétrapolaire, liber primaire réduit à quelques éléments, lames ligneuses primaires n'atteignant pas le centre. Autour du liber, sauf du côté externe, s'établit un cambium donnant des productions libéro-ligneuses secondaires qui remplissent l'espace compris entre les lames ligneuses primaires.

Radicelles. — Structure binaire.

Tige. — *Hypocotyle.* — Épiderme sans stomates ni poils et parenchyme cortical amylifère, à parois épaissies ; endoderme épaissi et cloisonné tangentiellement. Structure primaire du cylindre central identique à celle de la racine principale avec un plus grand développement de productions secondaires. Vers le sommet la lame ligneuse primaire s'éteint : une partie des vaisseaux sont écrasés, d'autres les centraux, s'unissent latéralement aux vaisseaux des deux massifs secondaires latéraux, sur lesquels s'insèrent dans le plan du bois primaire les traces foliaires des deux cotylédons. Les deux faisceaux secondaires se rejoignent et la stèle est constituée, tantôt compacte, tantôt paraissant divisée en faisceaux qui correspondent aux insertions foliaires. Des coupes transversales faites à des niveaux supérieurs montrent une seconde stèle s'insérant sur la première, puis une troisième, etc., toutes se disposant sur un cercle. Leur ensemble et non chacune d'elles est physiologiquement équivalent au cylindre central des tiges à structure normale ; anatomiquement, elles ne leur sont pas comparables.

Des coupes longitudinales axiles dans le sommet négatif ne m'ont jamais montré qu'un méristème absolument homogène, sous le dermatogène.

Feuilles, *Cotylédon.* Pétiole : comme *P. sinensis.*

Limbe. — Cellules épidermiques à section elliptique ou quadrangulaire pouvant mesurer dans deux directions perpendiculaires 45-60 μ à la face interne du limbe, 60-80 μ à la face interne du pétiole, à contours sinueux, stomates et poils tri-cellulaires glanduleux courts sur les deux faces. Mésophylle bifacial à cellules très volumineuses, une assise de cellules palissadiques, parfois deux, à peine plus longues que larges et trois, quatre assises de cellules très rameuses.

Autour du faisceau gaine de cellules en partie tannifères ; système conducteur peu développé ; une nervure médiane terminée en hydathode, donnant deux nervures de deuxième ordre insérées à la base du limbe et légèrement ramifiées. Nervure médiane à section ovalaire ; liber formant la majeure partie du faisceau.

Feuille. — La feuille s'insère sur la tige par une base très large présentant sur une section transversale toute une série de faisceaux libéro-ligneux qui s'unissent à ceux de la tige sur tout le pourtour du cercle des stèles caulinaires.

Cellules épidermiques à contours rectilignes allongées à la base puis isodiamétriques légèrement curvilignes ou sinuées ; stomates plus nombreux à la face interne qu'à la face externe ; poils tri-cellulaires courts terminés par une cellule sphérique, peu abondants et poils tri-cellulaires longs à cellule basilaire très grande, très nombreux sur les bords.

A la base dans toute la portion rétrécie de la feuille et parenchyme formé de cellules prismatiques à large diamètre ; dans le limbe : mésophylle faiblement bifacial ; cellules de l'assise palissadique à peine plus larges que longues, lâchement unies ; parenchyme rameux très lacunaire comprenant sept, huit assises de cellules dans la région la plus large du limbe.

Dans la région de la gaine, la nervure médiane a une section demi-circulaire, les nervures latérales diminuant graduellement de dimensions vers les bords ont une section circulaire. Toutes sont entourées par une gaine de sclérenchyme qui cesse d'exister dans la partie rétrécie. Nervation pennée réticulée (angle d'insertion des nervures de 2e ordre = 30°, environ). Les nervures latérales peuvent présenter une structure concentrique ou une structure collatérale dans la région inférieure du pétiole.

Dans le limbe, la nervure médiane prend graduellement une section ovalaire et se termine au sommet en hydathode.

---

2. DIONYSIA Fenzl (*Macrosiphonia* Duby) (1).

Douze espèces, gazonnantes, vivant dans les rochers des hautes montagnes de la Perse, du Kurdistan et de l'Afghanistan.

D. revoluta Boissier.

TIGE. — *Tige adulte, région feuillée.* — La tige est complètement recouverte par les feuilles. Après la chute de celles-ci, le cylindre central n'est plus recouvert que par une assise endodermique fortement subérifiée. La tige n'a donc pas une écorce propre, elle ne possède dans sa région supérieure feuillée qu'un revêtement parenchymateux foliaire.

Sous l'endoderme vient une couronne libéro-ligneuse tout à fait continue circonscrivant une moelle parenchymateuse homogène.

Endoderme : Cellules prismatiques à parois radiales épaissies subérifiées dans la lamelle primitive. Péricycle uni-, quelquefois bisérié, toujours cellulosique; tissu criblé renfermant peu d'îlots criblés, mais beaucoup de parenchyme sérié radialement et légèrement collenchymateux, suivant les cloisons radiales; assise génératrice mince et continue; bois en anneau compact formé en grande partie de vaisseaux disposés en files radiales très régulières; pointements ligneux primitifs et fibres primitives internes distincts dans la région supérieure seulement. Moelle à éléments beaucoup plns petits à la périphérie qu'au centre où elle est plus ou moins dissociée.

FEUILLE. — Structure bifaciale. Épiderme interne : cellules à parois épaissies et rectilignes, allongées à la base, isodiamétriques au sommet. Épiderme externe, cellules à contours légèrement ondulés; stomates nombreux dans les deux sillons, poils très nombreux, de deux formes tri-cellulaires à cellule terminale sphérique et *n*-cellulaires acuminés, à parois très épaisses. Mésophylle d'épaisseur inégale, mince dans la région des sillons ; tissu palissadique sur deux ou trois assises et tissu rameux très lacunaire ; en certains points, tendance vers la structure centrique.

Faisceau médian à section elliptique. Liber occupant les deux tiers du faisceau; même composition que dans *Primula*, mais légèrement collenchymatoïde. Bois réduit à une bande tangentielle de vaisseaux et de parenchyme.

PÉDONCULE FLORAL. — Très court : dix faisceaux conducteurs, cinq

(1) Voir A. Bunge in *Bull. de l'Acad. imp. de St-Pétersbourg*, t. XVI, p. 548 pour la monographie des espèces.

se continuent dans la nervure médiane du calice, cinq dans la nervure médiane de la corolle. Dans le réceptacle floral les cinq faisceaux placentaires s'insèrent latéralement sur les précédents chacun par deux branches. Les cinq faisceaux ovariens s'insèrent un peu plus haut sur les faisceaux sépalaires; les faisceaux marginaux des sépales sur les pétalaires : les faisceaux marginaux de la corolle sur les sépalaires.

Calice. — Épiderme à cellules légèrement ondulées, parois radiales épaissies, ponctuées et moniliformes de face ou épaissies asymétriquement, section elliptique, paroi externe épaisse. Stomates abondants sur les deux faces. Poils des deux formes sur la face externe, poils courts capités sur la face interne. Mésophylle en grande partie rameux, formé de cellules courtes; en quelques points tissu palissadique. Dans la région basilaire, autour des faisceaux et disséminées dans la masse, quelques *sclérites* à parois peu épaisses. La nervation comprend une nervure médiane ramifiée au sommet terminée en hydathode et deux nervures marginales. Structure semblable à celle de la feuille avec fibres péridesmiques externes très collenchymateuses.

Corolle. — Dans la région tubaire le parenchyme beaucoup plus abondant autour des nervures, détermine à la surface dix sillons correspondant à l'espace compris entre les nervures (fig. 59); le long des sillons poils des deux formes très nombreux. A la face interne du limbe, cellules épidermiques rectilignes isodiamétriques terminées en papilles courtes, entremêlées de poils tri-cellulaires. A la face externe cellules à contours ondulés et poils des deux formes. — Parenchyme, comme *P. sinensis*.

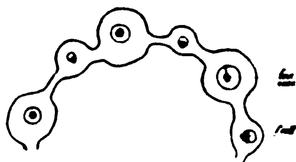


Fig. 59. — *Dionysia revoluta*. Coupe transversale schématique de la région gamopétale de la corolle sous l'insertion des étamines : *nm*, nervure médiane concentrique ; *ni*, nervure intercalaire collatérale.

Système conducteur normal dans le tube; dans le limbe les faisceaux ondulent parallèlement entre eux.

Les faisceaux staminaux cheminent à côté des faisceaux pétalaires très bas avant de s'unir à eux.

Étamine — Structure typique; parenchyme mécanique très abondant, formé de cellules à épaississements spiralés plus épais que dans le genre *Primula*.

Ovaire. — Épiderme typique avec stomates nombreux et proéminents à la face externe, parsemé de stomates et de poils à la base de la face interne. Parenchyme prismatique comprenant en

moyenne quatre assises de cellules prismatiques, plus petites à la base qu'au sommet où les deux, trois assises externes sont déjà uniformément épaissies au moment de l'anthèse, sauf en regard des cinq faisceaux médians.

Cinq nervures médianes peu ramifiées, *le bois ne se développant généralement pas dans les dernières ramifications.*

PLACENTA. — Globuleux, occupant toute la cavité ovarienne, prolongé dans le canal stylaire. Pédicelle distinct enfoncé dans la masse jusqu'au milieu de la hauteur. Faisceaux concentriques confluents terminés en crosse au sortir du pédicelle, à la surface duquel se trouvent des stomates et des poils.

Ovules très nombreux à structure typique normale. Voir *P. sinensis.*

Dionysia aretioides Lehm.

L'épiderme de la feuille est semblable sur les deux faces. Vers le tiers supérieur du limbe, cellules ondulées à parois minces, cuticule faiblement striée. Stomates peu abondants, deux formes de poils comme dans l'espèce précédente, mais moins nombreux.

D. Aucheri Duby.

Le liber de la tige est formé d'éléments à parois très minces. L'épiderme de la feuille est formé de cellules ondulées plus sur la face externe que sur l'interne, à cuticule fortement striée, surtout vers le sommet où abondent aussi les stomates volumineux et circulaires vus de face. Une forme de poils, quatre, cinq cellulaires terminés par une cellule sphérique.

D. cespitosa Duby.

La structure de la tige rappelle tout à fait celle des *Aretia*. A la base elle présente un épiderme persistant, une écorce parenchymateuse mince, une couronne libéro-ligneuse continue et une moelle parenchymateuse ; vers le sommet la couronne libéro-ligneuse se partage en faisceaux distincts adossés à un péricycle scléreux.

Dans le rhizome le bois est fréquemment développé excentriquement.

---

3. DOUGLASIA Lindl.

Quatre espèces, trois dans l'Amerique arctique, une en Europe (Sierra Nevada, Alpes et Abruzzes).

D. Vitaliana Hook.

RACINE. — *Racine principale.* — Structure primaire binaire, développement considérable des productions secondaires. Écorce complètement exfoliée, phellogène péricyclique donnant un liège épais et un parenchyme secondaire à parois très épaisses. Cylindre central à lame ligneuse primaire très tôt enveloppée par le bois secondaire, liber très parenchymateux en couronne continue.

Racine adventive. — Écorce exfoliée jusqu'à l'endoderme, pas de liège, trois lames ligneuses primaires distinctes au milieu d'un parenchyme abondant; trois faisceaux libéro-ligneux secondaires, rayons médullaires secondaires très larges.

TIGE. — Structure normale, sauf pour l'écorce qui est constituée par les régions basilaires des feuilles qui, après leur chute, mettent l'endoderme à nu.

Épiderme à cuticule fortement striée, poils de deux formes 2-cellulaires capités et *n*-cellulaires ramifiés, unisériés. Parenchyme cortical lacuneux dans la région externe sérié radialement dans la région interne. Endoderme normal au sommet, cloisonné radialement dans les régions âgées. Péricycle cellulosique, collenchymatoïde, plurisérié. Tissu criblé collenchymatoïde en couronne continue sauf dans la région des faisceaux sortants. Bois en couronne continue à la base, découpé en bandes de plus en plus étroites vers le sommet où les feuilles sont insérées avec la divergence 2/5. Les faisceaux foliaires s'insèrent sur cinq bandes libéro-ligneuses intercalaires.

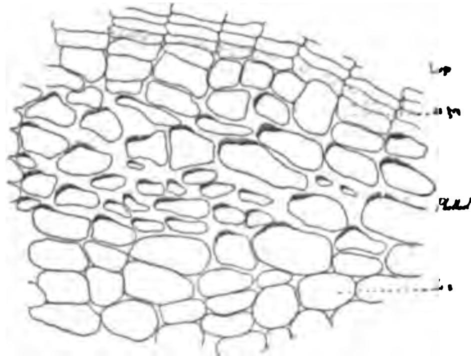


Fig. 60. — Tige de *Douglasia vitaliana* : liège et phelloderme d'origine péricyclique (c. transv.) (gr. = 450). *Li*, liber secondaire.

Il se produit parfois un liège et un phelloderme péricycliques (fig. 60). Le sommet végétatif est large, hémisphérique formé par un méristème homogène.

FEUILLE. — Épiderme à cellules allongées, parois droites ou légèrement curvilignes. Stomates et poils de deux formes abondants sur les deux faces.

Mésophylle à tendance centrique très prononcée : sous l'épiderme, cellules à section elliptique sur plusieurs assises, ou à section arrondie, surtout en regard de la nervure médiane. — Nervure médiane à section ovalaire, fibres primitives externes se lignifiant tardivement, tissu criblé renfermant peu de cellules parenchymateuses, bois composé de vaisseaux et de parenchyme cellulosique.

Pédoncule floral. — Épiderme portant comme celui de la feuille de nombreux poils de deux formes.

Parenchyme très lacuneux dans la région moyenne. — Péricycle étroit, sept faisceaux libéro-ligneux distincts allongés radialement.

A la base de la fleur les faisceaux s'étalent, quelques-uns se divisent de manière à donner en tout dix faisceaux, cinq sépalaires, cinq pétalaires sur lesquels s'insèrent latéralement par deux branches les cinq faisceaux placentaires qui bientôt se fusionnent en une couronne libéro-ligneuse continue.

Calice. — Épiderme comme dans la feuille à stomates plus abondants sur la face interne que sur l'externe.

Mésophylle formé de parenchyme rameux à lacunes très développées. Nervure médiane à section ovalaire large; bois riche en vaisseaux, tissu criblé riche en cellules parenchymateuses.

Corolle. — La base du tube de la corolle est plissée transversalement suivant des anneaux complets donnant en coupe longitudinale une bande ondulée.

Cellules épidermiques tannifères, à la face externe tout entière et à la face interne du limbe. Parois légèrement ondulées au sommet du tube ; dans le limbe, cellules papilleuses à replis internes. Poils tri-cellulaires capités en petit nombre.

Parenchyme très mince entre les nervures formé de cellules cylindriques allongées et sinueuses unies bout à bout, très méatiques dans le tube, tandis que dans le limbe elles sont aplaties et rameuses parallèlement à la surface.

Étamine. — Même structure que *P. sinensis*. Parenchyme mécanique à épaississements en U dans la région de déhiscence à épaississements spiralés en petit nombre dans la région du connectif. Poils *n*-cellulaires capités à la surface de l'anthère.

Pollen en grains ellipsoïdes réguliers; trois plis méridiens et trois pores en leur milieu.

Ovaire. — Paroi ovarienne : Épiderme comme *P. sinensis* avec stomates nombreux dans la région supérieure et cuticule nettement ponctuée. — Parenchyme hétérogène dans la région stomatifère ; autour de ces organes il est formé de petites cellules arrondies riches en chlorophylle ; ailleurs il est formé de cellules prismatiques,

un peu allongées perpendiculairement à la surface, sous l'épiderme, vers le sommet. — Cinq faisceaux libéro-ligneux collatéraux :

Style cylindrique, stigmate renflé en chapeau de champignon papilleux, structure typique (V. *P. sinensis*).

Placenta masse ovulifère à forme externe de chaudron renversé à bords évasés, porté par un pédicelle de longueur égale à un tiers de la hauteur totale.

Parenchyme périphérique et épiderme riche en protoplasme.

Système conducteur en couronne libéro-ligneuse pleine (fig. 29).

Ovules au nombre de quatre insérés à angle droit un peu plus bas que le sommet de l'ovaire. Structure anormale : *Tégument unique* comprenant de six à dix assises de cellules polyédriques très petites. Assise périphérique tannifère à cellules allongées radialement ; cuticule interne et externe. Nucelle typique (V. *P. sinensis*).

Graine beaucoup plus volumineuse que dans les genres précédents. Sa structure ne s'éloigne pas notablement de celle du *P. sinensis*. Assise superficielle du tégument formé de cellules tabulaires à parois externes épaissies.

---

4. — STIMPSONIA Wright.

Deux espèces *S. chamædryoides* au Japon et *S. crispidens* en Chine.

S. chamœdryoides Wrigth.

Feuille. — *Limbe*. — Cellules épidermiques à contours fortement ondulés, semblables sur les deux faces. Stomates nombreux en-

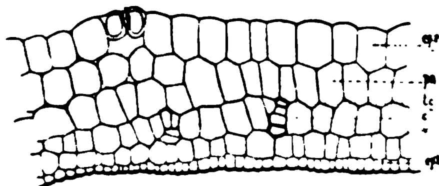


Fig. 61. — *Stimpsonia chamædryoides*. Coupe transversale de la paroi ovarienne ; *ep. e*, épiderme externe ; *ep. i*, épiderme interne ; *pa*, parenchyme ; *tc*, tube criblé ; *c*, cambium ; *v*, jeune vaisseau (gr. = 400).

tourés par quatre cellules. Poils *n*-cellulaires unisériés terminés par une cellule sphérique. Mésophylle non bifacial et très mince ne comprenant que deux, quelquefois trois assises de cellules légèrement rameuses dans le plan de la feuille. — Nervure médiane à section étalée en arc flabelliforme comprenant à la périphérie vers la

face inférieure une assise de fibres primitives non différenciées, puis un arc de tissu criblé, en îlots et une masse vasculaire formée de vaisseaux plus ou moins sériés radialement et de cellules parenchymateuses.

HAMPE FLORALE. — *Type Primula.* Épiderme à stomates et poils de deux formes comme dans la feuille. Parenchyme cortical mince (quatre assises de cellules), endoderme partiellement lignifié. Péricycle sclérifié mince (trois assises) ; quinze faisceaux libéro-ligneux remarquables par la grande réduction de leur liber et la largeur des vaisseaux du bois ; moelle parenchymateuse large.

OVAIRE. — La structure de la paroi ovarienne est représentée en coupe transversale dans la figure 61.

---

5. — ARETIA L.

Environ douze espèces réparties dans les hautes montagnes de l'Europe, sauf *A. artica* Pax et *A. ochotensis* Pax, localisées dans la Sibérie arctique.

A. pubescens Lois.

RACINE. — *Racine principale.* — Structure primaire à lame ligneuse primaire bipolaire. Productions libéro-ligneuses secondaires très abondantes. Écorce complètement exfoliée jusqu'à l'endoderme.

Péricycle à trois, quatre assises de cellules secondaires ; tissu criblé riche en parenchyme conducteur, bois composé de vaisseaux disséminés régulièrement au mileu de parenchyme conducteur.

Les racines de deuxième ordre et d'ordre supérieur sont tripolaires à lames ligneuses réunies au centre.

TIGE. — Dans la région supérieure, les feuilles très serrées recouvrent complètement la tige, de telle sorte qu'en ces points une section transversale présente un revêtement parenchymateux foliaire, un cercle de faisceaux libéro-ligneux distincts entourant une moelle large.

Après la chute des feuilles, l'endoderme protège le système conducteur dont les faisceaux distincts d'abord se fusionnent et augmentent d'épaisseur par une assise génératrice. A la base des tiges âgées, la moelle se réduit de plus en plus, le bois occupant presque toute l'épaisseur de l'organe.

FEUILLE. — Épiderme identique sur les deux faces ; cellules allongées, légèrement ondulées, stomates nombreux, poils de deux

formes : 1° poils tri-cellulaires capités courts; 2° poils mécaniques unisériés rarement ramifiés. — Mésophylle hétérogène ; à la base le parenchyme est prismatique et compact, puis le parenchyme palissadique forme de deux à quatre assises de cellules, commence vers les bords de la feuille en augmentant graduellement vers le sommet, d'abord sur la face interne, puis sur la face externe même.

Nervure médiane à section ovalaire, structure normale.

Pédoncule floral. — Cinq faisceaux libéro-ligneux. Péricycle collenchymatoïde ; parenchyme médullaire cylindrique. Écorce lacuneuse dans la zone externe. Épiderme avec poils de deux formes, sans stomates.

Calice. — Épiderme comme dans la feuille. Mésophylle bifacial ; une assise de cellules palissadiques interrompues sous les stomates, tissus lacuneux à cellules faiblement rameuses.

Nervure médiane à cellules ovalaire, entourées par une assise de parenchyme lignifié au moment de la fructification.

Corolle. — Épiderme à cellules prismatiques à la base devenant ondulées vers la gorge où elles sont prolongées en papilles coniques. Mésophylle : deux assises de cellules prismatiques à la base, devenant rameuses sur leurs faces latérales dans le limbe. — Nervures médianes à structure concentrique au-dessous de l'insertion des étamines, collatérales au-dessus, comme les nervures intercalaires.

Étamine. — *Filet.* — Structure normale. Épiderme prismatique ; parenchyme homogène et faisceau concentrique.

Anthère. — Cellules épidermiques à parois externes convexes. Parenchyme mécanique à épaississements en U ouverts vers l'extérieur, et épaississements spiralés en dehors de la région de déhiscence, parenchyme du connectif prismatique compact; faisceau concentrique, prolongement de celui du filet, mais ayant moins d'éléments ligneux et libériens différenciés.

Pollen. — Grains ellipsoïdes à trois plis méridiens et trois pores en leur milieu.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Stomates abondants sur la face externe. Mésophylle formé de parenchyme prismatique à la base, polyédrique et plus épais au sommet où elles prennent très tôt des épaississements en U dans la région externe.

Placenta. — Couronne libéro-ligneuse continue avec parenchyme central et périphérique riche en amidon.

Ovule. — Même structure que *P. sinensis*.

6. — ANDROSACE L.

M. Pax divise le genre *Androsace* en trois sections : I. *Pseudo-primula* Pax ; II. *Chamœjasme* Koch ; III. *Enandrosace* Pax.

SECTION I. — **Pseudo-primula** Pax.

Cette section renferme des espèces qui relient étroitement les genres *Primula* et *Androsace* au point que *Franchet* déclare la fusion de ces deux genres comme une conséquence rigouseuse de l'étude des *Pseudo-primula*. *Bentham* et *Hooker* ont été obligés d'invoquer des caractères tirés du port et de la coloration des fleurs pour opérer une distinction appréciable. Les efforts combinés de la morphologie et l'anatomie pourront peut-être établir des caractères tranchés ou accentuer davantage l'affinité de ces deux genres.

Androsace rotundifolia Franchet.

TIGE. — En dehors de la région feuillée l'écorce s'exfolie jusqu'à l'endoderme formé de cellules primitives volumineuses, divisées par plusieurs cloisons radiales. Péricycle plurisérié collenchymatoïde, tissu criblé en anneau continu, très riche en parenchyme, sérié radialement, au milieu duquel sont épars des fascicules d'éléments criblés ; bois en anneau quelquefois interrompu par des cellules scléreuses, formé de vaisseaux et de parenchyme ; pointements primitifs très distincts. Moelle sclérifiée partiellement à la face interne du bois et parsemée de sclérites dans toute sa masse, amidon très abondant.

FEUILLE. — *Pétiole.* — Épiderme à stomates et poils de deux formes : tri-cellulaires courts à cellule terminale sphérique et 5,6-cellulaires terminés en pointe à stries cuticulaires ponctuées. — Parenchyme collenchymateux sur cinq, sept assises environ dans la zone externe parsemée de cellules tannifères, à membrane subérifiée. — Système conducteur formé par un arc libéro-ligneux très courbé, de manière à ce que les bords se touchent presque à la base, plus haut ces bords s'écartent et le tout se fragmente en plusieurs masses très rapprochées sur un arc à forte courbure.

Limbe. — Cellules épidermiques internes à contours rectilignes, parois uniformément épaissies. Cellules externes plus petites à contours légèrement curvilignes et ondulés. Stomates nombreux et poils comme ci-dessus.

Mésophylle bifacial : une assise de cellules palissadiques courtes et trois assises de cellules tabulaires non rameuses ne laissant entre elles que des méats très réduits.

Dans la région des nervures saillantes il n'y a pas différenciation de parenchyme assimilateur.

Nervure médiane en arc, très étalé, comprenant quelques assises de fibres primitives externes collenchymateuses, un arc mince de tissu criblé, un arc de bois formé de vaisseaux et de beaucoup de parenchyme.

Hampe florale. — Structure typique normale. Poils des deux formes, les *n*-cellulaires (*n*-10) très nombreux et très longs. Parenchyme cortical épais (deux tiers du rayon), endoderme à cadre tangentiel subérifié. Péricycle très mince (une, deux assises) légèrement lignifié; dix faisceaux à structure normale.

Bractée florale très étroite. Cellules épidermiques allongées et prismatiques, sauf tout au sommet où elles sont ondulées et à ornements cuticulaires ponctués. Stomates et poils des deux formes, les poils mécaniques dressés vers la fleur.

Pédoncule. — Structure typique normale, poils mécaniques, 3, 4-cellulaires dressés vers la fleur. Péricycle mince, six faisceaux très réduits se groupant au sommet en cinq massifs qui se divisent chacun en trois faisceaux comme dans *Primula officinalis*.

Calice. — Épiderme à cellules prismatiques allongées sur les deux tiers inférieurs des sépales, puis fortement ondulées. Stomates et poils des deux formes, plus nombreux sur la face externe que sur la face interne. — Parenchyme rameux. — Système conducteur formé par une nervure médiane émettant deux nervures latérales dès la base et par deux nervures marginales non ramifiées. Toutes ces nervures courent parallèlement jusqu'au bord supérieur des sépales. Leur structure est normale et sur toute leur longueur elles sont soutenues par quelques fibres primitives externes lignifiées.

Corolle, Étamine à structurs typique (V. *Primula sinensis*).

A. setchuensis Franchet.

Même structure que l'espèce précédente.

L'écorce de la tige a moins de tendance à s'exfolier.

Les fibres péridermiques du pétiole sont épaissies et lignifiées.

Section II. — **Chamæjasme** Koch.

A. villosa L.

Racine latérale. — Écorce de bonne heure exfoliée. Cellules endodermiques très volumineuses étirées tangentiellement, pourvues d'un grand nombre de cloisons radiales. Péricycle secondaire multisérié, passant graduellement au tissu criblé disposé en couronne continue. Bois primaire tripolaire formant avec le bois secondaire un cylindre plein.

Tige. — A la base des rameaux gazonnants, la tige possède un épiderme, une écorce épaisse hétérogène, une couronne libéroligneuse continue, épaisse, et une moelle fort réduite.

Épiderme : Cellules à paroi externe très épaisse en *majorité tannifères*. Cuticule très striée longitudinalement. Poils de deux formes : 1° *n*-cellulaires, très longs à parois épaisses *terminés en pointe*; 2° 3, 4-cellulaires courts terminés par une cellule sphérique à huile essentielle.

Écorce. — Couche externe de sclérenchyme et parenchyme interne formé de cellules volumineuses, les assises externes très méatiques, très dissociables, ce qui explique la facilité avec laquelle l'écorce se détache. Au niveau des rosettes de feuilles, il n'y a pas encore de sclérenchyme. Endoderme à cellules prismatiques aplaties tangentiellement, recloisonnées dans le sens radial, à parois subérifiées, surtout la lamelle moyenne. Cylindre central : Péricycle plurisérié très collenchymatoïde passant graduellement au tissu criblé formé de petits îlots disséminés au milieu du parenchyme libérien. Assise génératrice très active. Bois en couronne continue, vaisseaux très abondants et sclérenchyme interposé, pointements ligneux primitifs faiblement distincts, fibres primitives internes nombreuses. Moelle : parenchyme à parois minces.

Dans les régions couvertes de feuilles, la tige s'élargit beaucoup, la couronne libéro-ligneuse se décompose en faisceaux libéro-ligneux distincts, destinés aux feuilles. La moelle s'élargit considérablement et le bois se réduit beaucoup.

Feuille. — Les rosettes renferment deux sortes de feuilles, celles du sommet peu nombreuses, dégagées les unes des autres, plus grandes, moins velues que celles de la région inférieure, serrées, imbriquées les unes dans les autres.

Feuilles du sommet. — Structure faiblement bifaciale avec tendance vers la structure centrique au sommet.

Épidermes : cellules à contours rectilignes à la base, ondulés dans les deux tiers supérieurs, à section rectangulaire crénelée, à parois épaissies, surtout la paroi, externe vers le milieu de la face inférieure, recouverte d'une cuticule épaissie. Stomates beaucoup plus abondants sur la face interne que sur l'externe, au même niveau que les cellules épidermiques, à parois très épaisses. Poils de deux formes : 3, 4-cellulaires, parois épaisses, cellule terminale sphérique et 4-cellulaires capités à cellule terminale simple ou divisée sphérique. — Mésophylle : structure bifaciale, sauf *dans la région des bords où la*

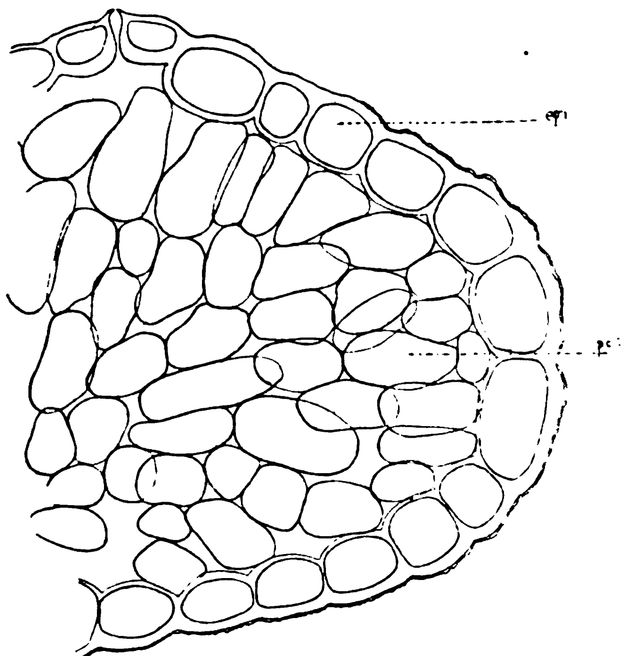


Fig. 62. — *Androsace villosa.* Section transversale de la région marginale de la feuille, *ep. i*, épiderme interne ; *pc*, parenchyme marginal montrant la tendance à la structure centrique gr. = 400).

structure est centrique (fig. 62); une assise de cellules palissadiques deux fois plus longues que larges, lâchement unies, avec de grands espaces aérifères sous les stomates. Parenchyme lacuneux comprenant, dans la région de la nervure médiane, des assises de cellules peu rameuses à section elliptique, très méatiques ; à la base, le parenchyme est homogène. — Système conducteur : nervure médiane à section ovalaire, liber collenchymatoïde beaucoup plus abondant que le bois, et adossé d'une assise de fibres péridesmiques collenchymatoïdes. Bois formé de vaisseaux spiralés et

annelés avec quelques cellules parenchymateuses disséminées ; pas de fibres primitives internes. Dans les ramifications, les vaisseaux se disposent de plus en plus suivant une bande tangentielle.

Feuilles basilaires : imbriquées, parenchyme palissadique inégalement développé dans les moitiés gauches et droites, abondant vers le bord libre, absent en général du côté recouvert (structure anisolatérale).

Hampe florale. — Structure typique normale, endoderme lignifié. Cylindre central large (3/4 R). Péricycle sclérifié ; huit faisceaux libéro-ligneux étalés tangentiellement, bois en V. Moelle partiellement lignifiée à sa périphérie, entre les faisceaux.

Bractée florale. — Épiderme comme la feuille. Parenchyme très lacuneux. Système conducteur : nervure médiane, unique à la base, émettant de chaque côté environ quatre nervures de deuxième ordre parallèles à la première et se ramifiant également une fois. Toutes ces nervures sont approximativement parallèles.

Pédoncule floral. — Structure semblable à celle de la hampe. Péricycle non lignifié à l'anthèse, sept faisceaux, plus volumineux, serrés les uns contre les autres, allongés radialement, réduisant la moelle à quelques cellules.

Dans le réceptacle floral, les faisceaux libéro-ligneux se rapprochent, se groupent en couronne continue, puis se partagent en dix, faisceaux : cinq sépalaires médians et cinq pétalaires médians ; sur les premiers, à leur face interne, s'insèrent les cinq faisceaux marginaux de la corolle ; sur les seconds, les faisceaux latéraux des sépales et vers l'intérieur à peu près au même niveau, les faisceaux placentaires, au nombre de dix, dans la région d'insertion. Ceux-ci se réunissent plus haut en couronne continue, au centre de laquelle se trouvent encore des faiscicules libériens. Un peu plus haut que l'insertion des faisceaux placentaires, s'insèrent sur les faisceaux, pétalaires, les cinq nervures médianes de l'ovaire. Pendant la fructification, le parenchyme très lacuneux du réceptacle floral se sclérifie dans toute sa masse ; plus haut, la sclérification se limite autour des faisceaux.

Calice. — La structure des sépales s'éloigne un peu de la structure des feuilles. Stomates plus nombreux à la face interne.

Parenchyme très lacuneux à la base, formé de cellules ellipsoïdes et de cellules rameuses, irrégulièrement distribuées dans la région moyenne, tandis qu'au sommet la structure est nettement palissadique. Le système conducteur est constitué par une nervure médiane tout à la base de laquelle s'insèrent deux nervures latérales, et par deux nervures marginales qui se réunissent dans le réceptacle floral aux faisceaux pétalaires correspondants.

Corolle. — Cellules épidermiques prolongées en papilles sur toute la surface du limbe et de la gorge, munies de replis latéraux à la face externe; quelques poils capités courts, à cellule terminale divisée radialement. Parenchyme rameux et système conducteur comme dans *P. sinensis*.

Étamine : Structure typique (V. *P. sinensis*).

Pollen en grains ellipsoïdes à surface finement ponctuée : deux noyaux allongés en fuseau et tordus en spirale, l'un beaucoup plus riche en chromatine et plus volumineux que l'autre.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Structure typique (V. *Pr. sinensis*).

Épiderme : A la face externe, stomates abondants, orientés verticalement, volumineux par rapport aux cellules environnantes.

Nervation : cinq faisceaux collatéraux différenciés tardivement ; premiers vaisseaux formés aux dépens de cellules issues de cloisonnements tangentiels d'une cellule cambiale : bois secondaire par conséquent.

Section III. — **Euandrosace.**

A. maxima L.

Racine. — *Racine principale.* — Structure binaire, écorce mince, exfoliée de bonne heure jusqu'à l'endoderme, qui, pour suivre l'accroissement rapide du cylindre central, divise ses cellules par un grand nombre de cloisons radiales.

Les productions libéro-ligneuses secondaires sont très hâtives et très abondantes. Péricycle unisérié d'abord, puis plurisérié, à cellules très étirées tangentiellement, munies de parois épaisses ; liber en manchon continu, riche en parenchyme collenchymatoïde entremélé de fascicules criblés ; bois primaire formant une lame bipolaire centrale entourée par une masse cylindrique de bois secondaire formé de larges vaisseaux disséminés irrégulièrement dans une masse de parenchyme lignifié à la périphérie, cellulosique au centre.

Hypocotyle. — Dans la région inférieure : Structure identique à celle de la racine principale après exfoliation de l'écorce. Plus haut, vers l'insertion des cotylédons, la lame ligneuse primaire a disparu, il y a une moelle large. Épiderme à paroi externe très épaissie, stomates et deux formes de poils : tri-cellulaires capités et *n*-cellulaires longs à cellule terminale pointue; parenchyme cortical formé de cellules à section arrondie plus volumineuses, au milieu que vers l'épiderme ou l'endoderme.

Tige. — La tige complètement développée est très courte, sa section est irrégulièrement circulaire et augmente de largeur de l'hypocotyle au sommet où elle se divise en un grand nombre de hampes florales.

A la base, après la chute des feuilles les plus âgées, l'écorce tombe, sauf l'endoderme qui prend de nombreuses cloisons radiales.

Péricycle unisérié à l'origine, plurisérié, collenchymatoïde très épais, passant au tissu criblé également collenchymatoïde, du type *Androsace villosa*. Bois comprenant deux zones. La zone interne, correspondant au début de la végétation, est formée de vaisseaux et de parenchyme en grande quantité, la zone externe est surtout sclérenchymateuse. A la base de la tige, la couronne libéro-ligneuse est continue ; à l'insertion des feuilles, cette couronne est découpée en bandes inégales sur lesquelles s'insèrent les traces foliaires. Au sommet, ces bandes se réunissent en groupes de sept ou huit faisceaux conducteurs définis, destinés aux hampes florales.

Feuille. — Cellules épidermiques isodiamétriques vues de face, à contours légèrement curvilignes ou en ligne brisée, ondulés, moniliformes. Stomates très nombreux à cellule annexe distincte. — Poils de deux formes, tri-cellulaires courts, très abondants et *n*-cellulaires, volumineux, acuminés, à cuticule ponctuée.

L'appareil conducteur comprend à la base trois nervures, une médiane et deux latérales, qui parcourent presque parallèlement tout le limbe, se ramifiant abondamment au sommet et se terminant en hydathode dans les dents du bord. Les deux nervures latérales émettent une nervure marginale, ce qui porte à cinq le nombre des faisceaux conducteurs principaux de la feuille. Nervure médiane : section elliptique, fibres primitives collenchymatoïdes à la face externe du liber et à la face interne du bois ; tissu criblé en croissant.

Hampe florale. — Structure typique normale. Épiderme : cellules à parois épaisses, cavité à section elliptique, stries de la cuticule longitudinales très accusées. Poils : une forme, 4-cellulaires courts à cellule terminale sphérique, parois basilaires épaisses.

Écorce mince lacuneuse, cinq assises ; nombreuses cellules tannifères.

Péricycle épais (dix assises) prosenchymateux, parois très épaissies. Faisceaux libéro-ligneux au nombre de sept.

Bractée florale. — Épiderme : A la face interne, cellules à contours rectilignes ou à peine sinueux.

Stomates nombreux sur les deux faces (environ 300 par millim.^{2}).

Poils : comme la feuille.

Mésophylle : à peine bifacial, formé presque complètement de parenchyme rameux, sauf *à la face externe* où les cellules sont un peu plus allongées normalement à la surface. — Système conducteur semblable à celui de la feuille, sans hydathodes marginales.

Pédoncule floral. — Parcours des faisceaux typique dans le réceptacle floral. Les faisceaux placentaires, en se rapprochant du centre, forment dans le pied du placenta une couronne libéro-ligneuse continue qui, plus haut, se partage en dix faisceaux divergents.

Calice. — Cellules épidermiques à contours polygonaux ou légèrement ondulés. Section rectangulaire, paroi externe très épaissie, cuticule fortement striée. Stomates, nombreux sur les deux faces, circulaires de face, parois épaisses. Poils : deux formes : 1° 4, 5-cellulaires à cellule terminale sphérique ; 2° 4, 7-cellulaires, cellules cylindriques à parois épaisses, cuticule ponctuée, cellule terminale non différenciée, à extrémité arrondie.

Mésophylle épais de la base au sommet, formé de parenchyme rameux dans la moitié inférieure, de parenchyme palissadique sur les deux faces (environ six assises de cellules) dans la moitié supérieure. Autour des faisceaux libéro-ligneux, un rang de parenchyme conducteur.

Pendant la fructification les assises sous-épidermiques s'épaississent et se lignifient fortement.

Corolle. — Épiderme : Dans le tube et à la face externe du limbe, cellules prismatiques à parois externes épaissies, cuticule fortement striée longitudinalement ; à la face interne du limbe, cellules toutes prolongées en papilles coniques. Toutes les cellules épidermiques sont tannifères.

Mésophylle, très lacuneux dans toute la corolle ; cellules cylindriques allongées plus ou moins contournées dans le tube, très rameuses dans le limbe. Nervure médiane et nervures intercalaires richement ramifiées en réseau, avec extrémités libres le long des bords.

La nervure médiane s'unit au faisceau staminal beaucoup plus bas que l'insertion de l'étamine. A partir de cette jonction, elle a la structure concentrique, au-dessus elle était collatérale.

7. — CORTUSA L.

Une espèce dans les hautes montagnes de l'Europe centrale, de l'Asie septentrionale et de l'Himalaya.

C, Matthioli L.

RACINE. — *Racine principale.* — Structure identique à celle des *Primula*, à racine principale fugace. Écorce très mince radialement sériée, sauf l'assise externe, lame ligneuse primaire bipolaire, séparée des îlots libériens primaires par une seule assise de fibres primitives qui se cloisonnent de bonne heure pour fournir très peu de bois et de liber secondaires.

Racines latérales. — Le parallélisme de structure se continue : Parenchyme cortical collenchymatoïde dans la zone externe, partiellement lignifié à la base. Quatre lames ligneuses primaires et quatre cordons libériens limitant une large moelle ; productions libéro-ligneuses secondaires sur les faces internes et latérales du liber primaire.

HYPOCOTYLE. — Épiderme sans stomates avec poils, 3, 4-cellulaires du type·*n*-cellulaires capités. Écorce amylifère un peu plus épaisse que celle de la radicule ; cylindre central construit comme celui de de la radicule avec productions libéro-ligneuses un peu plus abondantes.

TIGE. — Couronne libéro-ligneuse continue sur toute la longueur de la tige adulte avec péricycle cellulosique, d'épaisseur variable conservant longtemps la propriété de cloisonner certaines de ses cellules internes pour donner des tubes criblés ; tissu criblé en îlots séparés par des cellules parenchymateuses ; vaisseaux ligneux en files radiales entremêlées de parenchyme abondant ; fibres primitives internes collenchymatoïdes. — Parenchyme cortical et médullaire riche en amidon, collenchymateux sous l'épiderme, parsemé de paquets de sclérenchyme ou de sclérites isolés. — Épiderme à deux formes de poils, tri-cellulaires et *n*-cellulaires terminés par une cellule sphérique sécrétrice.

FEUILLE. — *Pétiole.* — Dès la base, trois cordons vasculaires d'inégales dimensions disposés sur un arc à bords involutés parfois réunis en un arc continu, entourés sur leur face externe par une bande du tissu criblé en îlots ; fibres primitives externes et internes collenchymatoïdes abondantes, surtout dans la concavité formée par le bois. — Parenchyme collenchymateux sous l'épiderme, lignifié à la face externe du système conducteur dans la feuille âgée. — Épiderme à cellules prismatiques ; pas de stomates, poils des deux formes très abondants. Près du limbe, les bandes libéro-ligneuses s'étalent et se rapprochent en arc continu avant d'émettre la première nervure de deuxième ordre.

Limbe. — Cellules ondulées, plus petites dans tous les sens à la face externe qu'à la face interne. Poils des deux formes. Stomates sur la face externe seulement (fig. 63). Mésophylle bifacial : une assise de cellules palissadiques, tissu lacuneux formé de cellules très rameuses sous l'épiderme externe; nombreuses cellules tannifères, surtout autour des nervures. Beaucoup de stomates sont placés au sommet de petites proéminences de la surface. — Nervure médiane à section passant graduellement de la forme éventail à la forme ovalaire, sans présenter de particularités de structure.

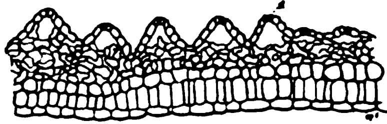


Fig. 63. — *Cortusa Matthioli*. Section transversale demi-schématique de la feuille : *st*, stomates; *ep. i*, épiderme interne.

Hampe florale. — Structure identique à celle de *P. sinensis*.

Bractée florale. — Cellules épidermiques comme dans la feuille avec quelques stomates à la face interne. Parenchyme à peine bifacial, lacuneux sur toute l'épaisseur, ne comprenant que trois ou quatre assises de cellules très rameuses, sous l'épiderme externe. Nervure médiane ramifiée (angles très aigus), les nervures supérieures se terminant en hydathode dans les dents de la bractée.

Pédoncule floral. — Structure analogue à celle de la hampe avec dix ou douze faisceaux.

Parcours des faisceaux dans le receptacle floral identique à ce que nous avons vu dans le genre *Primula*.

Calice. — Cellules épidermiques allongées ou isodiamétriques à cuticule ornée de petites stries parallèles, très serrées et dirigées en tous sens. — Stomates circulaires très nombreux. — Poils *n*-cellulaires, à cellules basilaires beaucoup plus larges que les apicales.

Graine. — Comme *P. sinensis*.

---

8. — KAUFMANNIA Regel.

Une espèce du Turkestan.

K. Semenowi Regel.

Racine. — *Racine latérale*. — Le rhizome du *Kaufmannia* est recouvert de racines latérales ayant environ 2 millimètres de diamètre à leur insertion (fig. 64). Assise pilifère en grande partie conservée subérifiée. Parenchyme cortical homogène, membranes

légèrement épaissies, amidon abondant; assises interne et externe subérifiées — Péricycle recloisonné sur tout son pourtour, *fournissant du liber secondaire contre le liber primaire* (fig. 65). Faisceaux ligneux primaires au nombre de dix. Faisceaux libériens plus volumineux et plus externes que les précédents. — Moelle parenchymateuse amylifère.

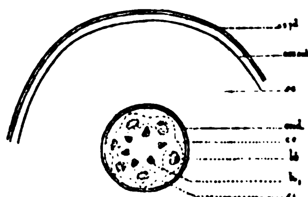


Fig. 64. — *Kaufmannia Semenowi.* Coupe transversale schématique d'une racine adventive; *ce*, cambium externe; *ci*, cambium interne.

Nous n'avons pu étudier la tige de cette plante rarissime.

Feuille. — *Pétiole.* — A la base, section demi-circulaire. Épiderme avec poils; parenchyme cortical partiellement sclérifié. — Trois bandes libéro-ligneuses arquées disposées sur trois quarts de cercle, les deux latérales plus volumineuses et plus arquées que la médiane. Fibres primitives péridesmiques internes et externes abondantes à parois cellulosiques. Tissu criblé en îlots séparés par de grandes cellules parenchymateuses tannifères. Le bois de la bande médiane ne comprend qu'un pointement ligneux primitif, les bandes latérales quatre ou cinq.

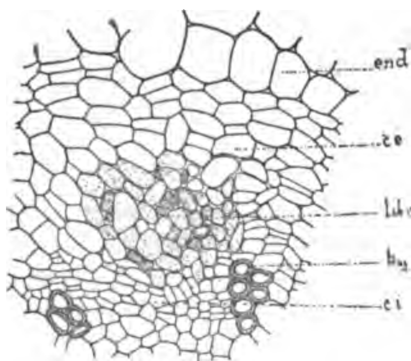


Fig. 65. — *Kaufmannia Semenowi.* Région périphérique du cylindre central montrant le cambium externe et interne.

Cette structure varie peu sur toute la longueur du pétiole : la sclérification n'existe plus au sommet, une gaine endodermique enveloppe tout le système conducteur dont les lames libéro-ligneuses rapprochées sont disposées sur un arc beaucoup plus ouvert.

Limbe. — Cellules épidermiques ondulées. Poils courts tri-cellulaires et poils *n*-cellulaires ; sur la face externe stomates très abondants. — Mésophylle bifacial : une assise de cellules palissadiques et environ cinq assises de cellules rameuses sous l'épiderme externe. Nervation comme *P. sinensis.* Faisceau médian à section transversale demi-circulaire vers le milieu de la feuille, vaisseaux du bois en files radiales entremêlées de parenchyme conducteur, les autres éléments comme dans le pétiole.

Hampe florale. — Comme *P. sinensis.*

Graine. — Sructure typique. Cellules superficielles du tégument externe très volumineuses. La largeur des cellules en section atteint 175 μ.

On voit par cette description que *Cortusa Matthioli* et *Kaufmannia Semonowii* ont une structure tout à fait semblable, les différences qui les séparent étant du domaine des variations individuelles que peuvent présenter des plantes de même espèce. Les caractères morphologiques qui séparent ces deux genres du genre *Primula* (*P. sinensis*), sont de faible importance : les filets staminaux y sont insérés tout à fait à la base du tube de la corolle, tandis que les Primevères ont leurs étamines insérées beaucoup plus haut.

---

9. — ARDISIANDRA Hook.

Une espèce du Kameroun et de Fernando-Po.

A. sibthorpioides Hook.

Nous n'avons pu étudier que la feuille de cette plante rarissime.

Feuille. — Trace foliaire du pétiole unifasciculée ayant la même composition que dans *P. sinensis*.

Limbe. — Cellules épidermiques ondulées. Stomates et poils capités des deux formes sur la surface externe comme *P. sinensis*.

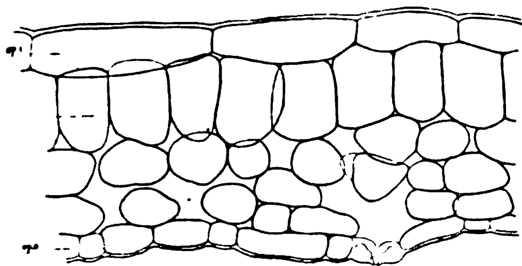


Fig. 66. — *Ardisiandra sibthorpioides*. Coupe transversale du limbe foliaire; *ep. i*, épiderme interne; *ep. e*, épiderme externe.

Mésophylle bifacial très mince : une assise de cellules palissadiques larges, deux assises de cellules rameuses (fig. 66).

10. — SOLDANELLA L.

Quatre espèces critiques que l'on peut ramener à une seule.

S. alpina L.

Racine latérale. — Écorce épaisse. Cylindre central à quatre lames ligneuses primaires; productions secondaires réduites. Assise pilifère tardivement lignifiée, assise subéreuse à membranes épaissies, parenchyme cortical bourré d'amidon. Faisceaux ligneux et libériens primaires ne comprenant qu'un petit nombre d'éléments; bois et liber secondaires développés à la face interne du liber primaire et dans les rayons.

Radicelles. — Structure binaire, lame ligneuse primaire bipolaire (fig. 67).

Tige. — *Rhizome.* — La portion de tige qui émerge du sol est très courte; cet organe est presque entièrement rhizomateux, il est

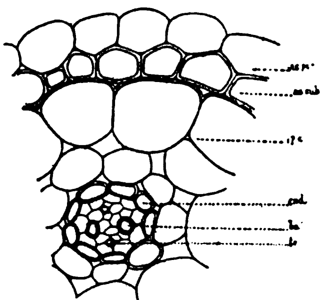


Fig. 67. — *Soldanella alpina* L. Coupe transversale d'une radicelle : *as. pi*, assise pilifère; *as. tub*, assise tubéreuse; *pc*, parenchyme cortical; *end*, endoderme; *v*, vaisseau; *tc*, tissu criblé.

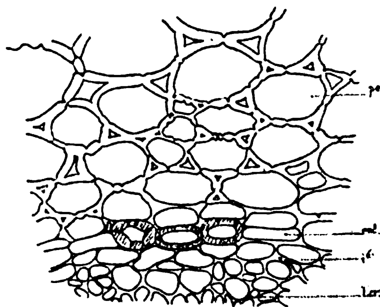


Fig. 68. — *Soldanella alpina* L. Tige : coupe transversale dans la région interne de l'écorce; *pc*, parenchyme cortical épaissi.

court, peu ramifié et présente parfois un aspect moniliforme avec des portions étroites et d'autres plus épaissies.

Épiderme sans stomates; quelques poils courts tri-cellulaires. Parenchyme cortical épais à parois épaissies, amylifère (fig. 78), endoderme à parois épaissies et lamelle moyenne subérifiée. — Système conducteur en couronne continue : péricycle mince, cellulosique; tissu criblé formé de trois petits îlots séparés par de larges cellules parenchymateuses; cambium continu; bois beaucoup plus épais que le liber, parenchymateux dans la région interne. — Moelle parenchymateuse renfermant des îlots de sclérenchyme.

Dans les régions épaissies de la tige, le système conducteur est plus développé, par suite de l'insertion des racines latérales, loca-

lisées en ces points ; le parenchyme médullaire est plus riche en sclérenchyme.

Tige, sous l'insertion de la hampe florale. — Mêmes régions que dans le rhizome ; épiderme sans stomates avec poils courts d'autant plus nombreux qu'on s'approche du sommet de la tige. — Écorce très épaisse collenchymateuse sous l'épiderme, sériée radialement dans la région interne, riche en amidon ; endoderme subérifié normal. — Péricycle cellulosique comprenant de une à trois assises de cellules, tissu criblé en îlots plus volumineux que dans le rhizome. Bois souvent interrompu et d'épaisseur variable, riche en parenchyme dans les régions jeunes. — Moelle purement parenchymateuse au sommet, développant graduellement des sclérites épars d'abord, formant plus bas un paquet sclérenchymateux central.

Feuille. — *Pétiole.* — Au milieu, section circulaire légèrement aplatie dans le plan du limbe, prolongements aliformes rudimentaires.

Épiderme parsemé irrégulièrement de stomates et de poils courts capités. Parenchyme collenchymatoïde sous l'épiderme ; endoderme subérifié normal. — Système conducteur *concentrique.* A la périphérie, deux assises de fibres primitives cellulosiques ; tissu criblé enveloppant complètement le bois, compact de vaisseaux formés sous le liber, puis, entremêlés de parenchyme conducteur et plus ou moins écrasés.

Au sommet, l'aplatissement de la face interne s'accuse, et les deux ailes se continuent avec le limbe. De chaque côté du système libéroligneux, se détache un faisceau à liber en fer à cheval.

Limbe. — Cellules épidermiques à contours légèrement sinueux plus petites à la face externe qu'à la face opposée. Poils d'une seule forme, courts, sur les deux faces. Stomates très nombreux sur la face externe seulement. — Mésophylle bifacial ; tissu palissadique épais comprenant ordinairement trois assises de cellules longues à chloroplastes volumineux ; cellules du parenchyme lacuneux très rameuses et allongées tangentiellement. A la base du limbe, en regard de la nervure médiane, le parenchyme est prismatique ; au sommet du limbe, le parenchyme lacuneux devient plus compact. — Nervure médiane à section encore circulaire vers le milieu du limbe ; le liber est en croissant embrassant fortement le bois composé de files radiales de vaisseaux et de parenchyme conducteur. A leur extrémité, les nervures principales se renflent et s'étalent, le liber y entourant complètement le bois.

Hampe florale. — Structure normale. Cellules épidermiques à parois très épaisses. Stomates et poils. Parenchyme cortical chloro-

phyllien très lacuneux et tannifère, collenchymatoïde sous l'épiderme, prismatique vers l'intérieur, endoderme présentant une tendance à la lignification. — Péricycle lignifié épais. Faisceaux libéro-ligneux inégaux en nombre variable (14 .... 22) à liber étalé latéralement. — Parenchyme médullaire, se lignifiant tardivement à la périphérie et dans les rayons au contact du péricycle, de manière à envelopper d'une gaine sclérifiée les faisceaux libéro-ligneux.

Bractée florale. — Cellules épidermiques légèrement ondulées, stomates peu abondants. Poils courts distribués sur toute la surface: Parenchyme cylindrique : autour de la nervure médiane, endoderme subérifié : Nervure médiane à section elliptique : une assise de fibres péridermiques : assise génératrice active au moment de l'anthèse, fournissant surtout du bois formé d'un petit nombre de vaisseaux sériés radialement.

Pédoncule floral. — Structure formant le passage entre le type Primula et le type Lysimachia, les faisceaux libéro-ligneux étant tantôt distincts, tantôt confluents en arcs plus ou moins étendus. Même histologie que la hampe. Faisceaux libéro-ligneux en nombre variable ; bois à vaisseaux fort peu nombreux, les premiers formés, écrasés de bonne heure au milieu d'abondantes fibres primitives internes.

Calice. — Épiderme à cellules allongées pourvues de parois radiales rectilignes; stomates abondants et poils tri-cellulaires courts. Mésophylle lacuneux, formé de cellules à section arrondie, lacunes longitudinales en fuseau; chloroplastes très abondants. Nervure médiane à section presque circulaire jusque vers le milieu du limbe; terminaison en hydathode au sommet.

Corolle. — Cellules épidermiques à parois ondulées au-dessus de l'insertion des étamines; papilles coniques; poils capités courts en petit nombre. Mésophylle assez épais à la base et dans la région des nervures (sept à neuf assises).

Dans ces régions, les cellules sont cylindriques sous l'épiderme, rameuses et très allongées au milieu. En dehors des nervures et dans la région du limbe, les cellules sont rameuses dans le plan du limbe.

Le système conducteur est identique à celui des Primevères; les staminodes ne reçoivent pas de faisceau libéro-ligneux.

Étamine. — Le filet présente sur sa face externe des proéminences constituées par un parenchyme très lacuneux. La section transversale est elliptique et un peu aplatie du côté interne. Tout le reste comme dans les Primevères.

Pistil. — Paroi ovarienne : cellules épidermiques externes poly-

gonales de face, peu allongées, stomates nombreux. Cellules épidermiques internes étroites et allongées. Parenchyme très riche en protoplasme dans la moitié externe, à cellules aplaties tangentiellement dans la zone interne. Dix faisceaux libéro-ligneux et leurs ramifications. Style à structure normale.

Faisceaux placentaires concentriques au nombre de cinq à huit dans le pédicelle, se ramifiant en gerbe dans toute la masse ovulifère formée par un parenchyme amylifère à noyaux volumineux se prolongeant dans le canal stylaire au tiers de sa hauteur.

Nous avons étudié la structure dés trois autres espèces de *Soldanella* : *S. montana* L., *S. minima* Hoppe, *S. puhla* Baumg. ; aucune différence anatomique n'est appréciable. Au point de vue morphologique, l'examen d'un grand nombre d'individus de ces différentes espèces nous permet d'affirmer que ces espèces sont insuffisamment définies, qu'elles sont plutôt des variétés d'une espèce unique, *S. Alpina* L.

---

11. — POMATOSACE Maxim.

Une seule espèce des prairies alpines de la province de *Kan-Su* (Chine).

P. Filicula Maxim.

Racine latérale. — A l'état adulte, sauf l'endoderme, l'écorce tout entière est exfoliée. Péricycle recloisonné tangentiellement, de manière à donner un parenchyme secondaire sérié radialement. Bois primaire formant une lame losangique bipolaire centrale, entourée par une double couronne épaisse de productions libéro-ligneuses secondaires. Tissu criblé et bois secondaires deux massifs de chaque côté de la lame ligneuse ; en face des pointements ligneux, parenchyme secondaire radialement sérié.

(Nous n'avons pu étudier la racine principale ni la tige de cette espèce rarissime).

Feuille. — Cellules épidermiques à contours fortement sinueux, sauf au-dessus des nervures où ils sont rectilignes (fig. 69) ; stomates abondants sur les deux faces ; deux formes de poils : entre les nervures, poils courts, capités, au-dessus des nervures, poils très longs, capités. — Mésophylle nettement bifacial : vers la face interne, deux assises de tissu palissadique, longues et compactes occupant le tiers de l'épaisseur de la feuille, vers la face externe, du parenchyme plus lacuneux à mesure qu'on approche de l'épiderme externe. Dans la région de la nervure médiane, parenchyme prismatique sérié radia-

lement sous la nervure médiane, autour de laquelle il forme un endoderme normal subérifié. Nervure médiane à section presque circulaire à la base, devenant ovalaire vers le sommet. A la périphérie, du côté interne et du côté externe, plusieurs assises de fibres primitives collenchymatoïdes; tissu criblé à section en croissant, d'aspect collenchymatoïde; bois à section elliptique, vaisseaux com-

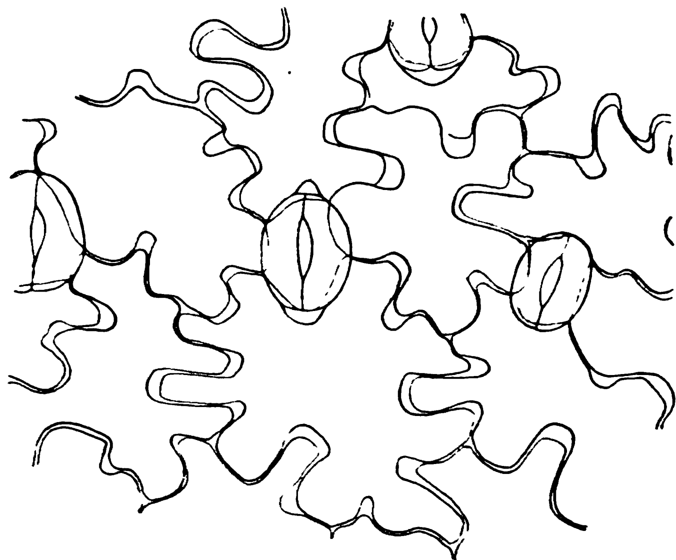


Fig. 69. — *Pomatosace Filicula.* Épiderme externe de la feuille vu de face (gr. = 400).

pacts formant un ensemble en fer à cheval entourant une masse interne formée de vaisseaux et de fibres primitives entremêlées.

Hampe florale. — Structure normale. Épiderme avec poils courts et quelques stomates. — Parenchyme cortical chlorophyllien sérié radialement dans la zone interne. Péricycle à plusieurs assises de fibres primitives cellulosiques. Faisceaux libéro-ligneux distincts au nombre de neuf disposés sur un cercle, à section inégale, ovalaire, allongée radialement ; tissu criblé collenchymateux, en croissant, séparé du bois par plusieurs assises de cellules cambiales; bois sérié radialement.

Bractée florale. — Épiderme à cellules ondulées, stomates nombreux sur les deux faces et poils des deux formes déjà citées. Mésophylle bifacial; tissu palissadique comprenant tantôt une, tantôt deux assises palissadiques, longues et lâchement unies; tissu lacuneux de même épaisseur que le tissu précédent, à cellules rameuses

dans le sens tangentiel. Nervure médiane à section flabelliforme à la base, ovalaire vers le milieu et le sommet; fibres primitives entourant toute la nervure sur assise seulement; tissu criblé primaire très mince ne comprenant qu'une rangée de petits groupes d'éléments criblés, tissu criblé secondaire abondant, plus ou moins sérié radialement.

Calice. — Structure nettement bifaciale. Épiderme : cellules polygonales de face, à contours rectilignes, cuticule à stries très marquées, sinueuses, interrompues; parois externes épaissies. Poils et stomates comme dans la feuille, presque toutes les cellules sont tannifères. Mésophylle plus épais au sommet qu'à la base. A la face interne, en général deux assises de cellules palissadiques bien serrées, puis un tissu parenchymateux prismatique à la base du calice, devenant lacuneux et plus épais vers le sommet. Chloropastes très abondants dans toutes les cellules.

Corolle. — Forme semblable à celle des Androsace.

Épiderme : cellules prismatiques à contours rectilignes, prolongées en papilles dans la gorge et à la face interne du limbe. Cuticule fortement striée à la face externe du limbe. Mésophylle formé de cellules parenchymateuses, allongées verticalement à la base et disposées sur trois rangs environ, devenant rameuses dans le limbe.

Dans l'anthère, sous l'épiderme, une assise de cellules à épaississements très marqués en U.

Pollen : grains elliptiques de face, à trois plis ayant chacun un pore à leur milieu. En section transversale, ces grains donnent un triangle équilatéral curviligne, les pores correspondant au sommet.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Épiderme externe : Cellules prismatiques polygonales de face, tabulaires, paroi externe très épaisse; cuticule à stries sinueuses interrompues. Stomates nombreux, elliptiques ou hexagonaux, entourés par quatre ou cinq cellules. Pendant la fructification toutes les parois s'épaississent et se lignifient fortement. Mésophylle plus mince à la base qu'au sommet. Cellules prismatiques allongées disposées sur trois assises environ, puis cellules polyédriques suivant quatre ou cinq assises.

Ovule. — Structure identique à l'ovule des *Primula* et *Androsace*.

En comparant les résultats de l'étude anatomique et morphologique du *Pomatosace Filicula* avec les résultats obtenus par l'étude du *P. rotundifolia* Franchet ou mieux encore par l'étude des *Androsace* de la section Pseudo-Primula, on est obligé de reconnaître des affinités très étroites. La structure du système conducteur du pétiole et du limbe, de la feuille, la forme des cellules épidermiques, la distribution et la forme des poils et des stomates sont

semblables de part et d'autre. La morphologie florale vient corroborer cette manière de voir. Une coupe longitudinale de la fleur de *Pomatosace Filicula* est tout à fait semblable à une coupe longitudinale d'une fleur d'*Androsace maxima* ou d'*Arotundifolio*. La forme de la feuille rappelle celle d'*Hottonia palustris*. La plante a pu vivre dans l'eau autrefois et être redevable à ce milieu de cette forme de la feuille.

En résumé, *P. Filicula* est voisin des *Primula* et *Androsace* et sert à relier les *Primulæ-Soldanellinæ*, de Pax aux Primulæ du même auteur.

---

12. — BRYOCARPUM Hook et Thoms.

Une espèce, endémique au Sikkim (Himalaya).

B. himalaicum Hook et Thoms.

Racine. — *Racine latérale.* — Structure normale. Écorce amylifère; quatre faisceaux ligneux primaires. A la face interne du liber primaire, développement de faisceaux libéro-ligneux secondaires, moelle parenchymateuse homogène.

Tige. — La tige de Bryocarpum hymalaicum appartient au *type polystélique de M. Van Tieghem*, à stèles plus ou moins fusionnées et possédant, en outre, sur leurs faces externes, dans leur région péricyclique, un système libéro-ligneux surnuméraire dans les points où s'insèrent des racines latérales (fig. 70).

Épiderme persistant malgré le diamètre croissant de la tige, avec poils capités courts et stomates. Parenchyme fondamental amylifère homogène de la périphérie au centre, donnant autour de chaque colonne libéro-ligneuse un endoderme subérifié normal.

Feuille. — La tige porte deux formes de feuilles : 1° celles qui sont réduites à une lame élargie et entourent la base de la tige; 2° les feuilles normales à limbe ovale, portées par un pétiole très élargi à son insertion.

Feuille normale. — *Pétiole.* — Épiderme à cellules prismatiques et poils capités courts. Parenchyme prismatique à cellules très volumineuses. Système conducteur à *section circulaire*, formé par une *couronne libéro-ligneuse* à symétrie bilatérale peu ou point accusée entourant un parenchyme central homogène.

Limbe. — Cellules épidermiques polygonales et isodiamétriques vues de face, stomates et poils capités courts très abondants sur les deux faces. — Mésophylle bifacial épais, à tissu lacuneux particu-

lièrement développé; une assise de cellules palissadiques; cellules rameuses laissant entre elles des lacunes volumineuses. — Nervure médiane: vers le milieu, section encore circulaire à liber enveloppant en partie le bois, une assise de fibres primitives externes, tissu criblé abondant à section en large croissant, bois formé de files radiales de vaisseaux entremêlés de parenchyme.

Feuilles basilaires. — Section plan-convexe très aplatie. Épi-

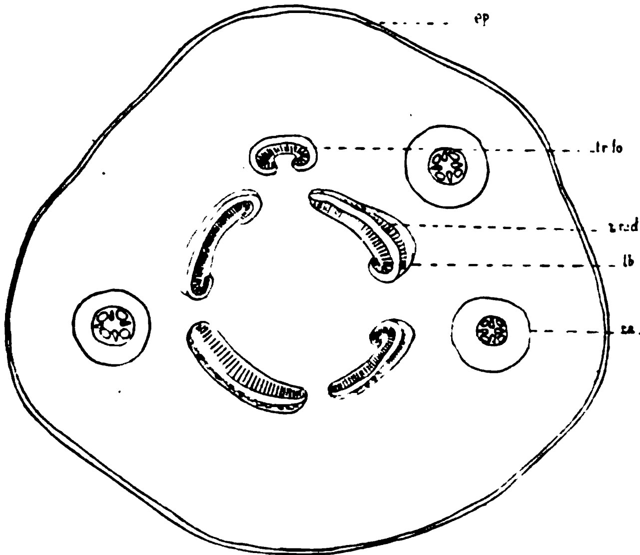


Fig. 70. — *Bryocarpum himalaicum.* Tige : coupe transversale schématique : *ép*, épiderme; *tr.fo*, trace foliaire; *r. rad*, réseau radicifère; *lb*, lame libéro-ligneuse normale recourbée; *ra*, racine latérale.

derme et mésophylle comme dans le pétiole; nervures comme dans le limbe de la feuille.

HAMPE FLORALE. — Structure normale avec réduction considérable de l'écorce, tandis qu'au contraire le péricycle et la moelle sont très épais. Épiderme à stomates volumineux et abondants ainsi que les poils. — Parenchyme cortical collenchymateux, mince; péricycle épais à cellules lignifiées de large diamètre; environ quinze faisceaux libéro-ligneux distants et peu volumineux. Liber étalé en arc dépassant le bois latéralement, petit nombre de vaisseaux à large diamètre. Moelle parenchymateuse homogène.

Ovules très nombreux attachés au placenta par un court funicule inséré vers leur milieu, présentant une tendance à la campylotropie. Structure typique normale avec deux téguments bi et trisériés

GRAINE. — Tégument interne : deux assises de cellules, l'externe non prolongée en papilles, l'interne oxalifère à parois épaissies; tégument externe : trois assises de cellules aplaties.

ALBUMEN. — Cellules polyédriques, en grande partie allongées radialement, comme pour mieux conduire vers l'embryon les substances de réserve, autour de l'embryon, cellules complètement vidées et écrasées.

Embryon constitué par les deux cotylédons étroitement appliqués l'un contre l'autre par un axe hypocotyle terminé par un sommet végétatif de racine. L'écorce de l'hypocotyle est divisée en deux zones, l'externe comprenant des cellules en séries concentriques, l'interne des cellules en séries radiales et concentriques. Le cylindre central est formé par un cylindre de méristème vasculaire dont le cloisonnement est plus actif au centre qu'à la périphérie. Bien avant la séparation des cotylédons, ce cylindre vasculaire se dédouble en deux lames plan-convexes qui se continuent dans les cotylédons.

L'anatomie de la feuille, de la hampe florale, du pédoncule et des différentes parties de la fleur et du fruit sont en accord parfait avec les caractères morphologiques en ce qui concerne les affinités du *G. Bryocarpum* avec le *G. Soldanella*. Les résultats fournis par l'anatomie de la tige sont insuffisants à cet égard.

---

13. — HOTTONIA L.

Deux espèces : *H. palustris* L. dans les fossés et les cours d'eau lents de l'Europe et de la Sibérie occidentale, *H. inflata* Ell. dans la région atlantique de l'Amérique du Nord.

H. palustris L.

RACINE. — *Racine latérale.* — Structure primaire normale avec trois à six faisceaux ligneux et libériens, suivant le diamètre.

Assise pilifère subérifiée. Écorce épaisse à cellules toutes sériées radialement, sauf celles de l'assise externe; parois très minces.

Cylindre central sans moelle dans les racines tripolaires ($D = 0^{mm}7$), sans productions libéro-ligneuses secondaires.

TIGE. — La vie aquatique modifie profondément la structure de la tige, surtout quant à l'appareil conducteur, dans lequel le nombre des vaisseaux est extrêmement réduit et le parenchyme vasculaire non lignifié.

Épiderme à cellules prismatiques entremêlées de très nombreux poils courts capités. Parenchyme cortical compact dans la région

externe, creusé dans la région moyenne de nombreuses lacunes allongées verticalement en fuseau, et de nouveau compact et sérié

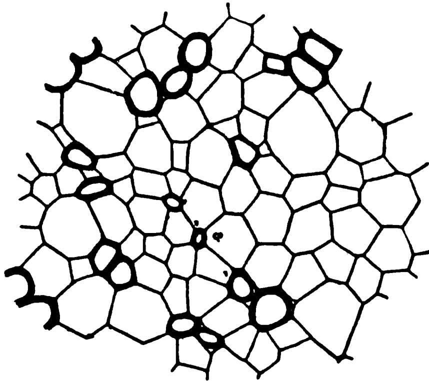


Fig. 71. — *Hottonia palustris.* Coupe transversale de la région centrale d'une tige submergée jeune : *ce*, centre de la tige ; *vv*, vaisseaux (gr = 400).

radialement dans la région interne ; pas d'endoderme différencié. — On doit considérer le cylindre central tout entier comme formant le système conducteur : Péricycle mince et cellulosique ; liber en couronne continue d'îlots disséminés au milieu du parenchyme libérien. Bois : à la périphérie, couronne compacte de larges vaisseaux limitant un cylindre parenchymateux *parsemé de vaisseaux primitifs plus ou moins écrasés* (fig. 71).

Ce que nous venons de dire a trait à la portion de tige dressée dans l'eau. Dans la partie enfouie dans la vase, le système vasculaire est plus riche en vaisseaux dont l'*ensemble remplit presque complètement la région centrale médullaire.*

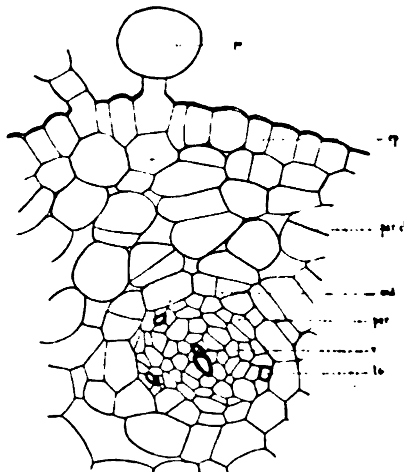


Fig. 72. — *Hottonia palustris.* Coupe transversale d'une tige encore enfermée dans le bourgeon axillaire ; *v*, vaisseaux développés au centre du cylindre central (gr. = 400).

Dans les bourgeons axillaires on voit parfaitement le bois se développer à partir du centre du cylindre central (fig. 72).

Feuille. — Épiderme : dans la région de la nervure médiane, cellules pérismatiques, dans la région des lobes, cellules allongées à contours légèrement sinueux, parsemées de stomates très nombreux et de poils courts peu nombreux. Mésophylle : de chaque côté de la nervure médiane, une grande lacune en fuseau entourée de parenchyme prismatique ; dans les lobes, parenchyme bifacial comprenant une assise de cellules légèrement palissadiques et deux assises de cellules tabulaires. Nervure médiane : section en fer à cheval à la base, le liber embrassant latéralement le bois ; fibres péridesmiques externes cellulosiques ; sur une assise, tissu criblé formé d'un arc d'îlots criblés, séparés par du parenchyme libérien ; bois formé par une lame tangentielle de vaisseaux à large diamètre.

Hampe florale. — Sous l'insertion des premières fleurs, la hampe florale présente la même structure que toutes les hampes examinées précédemment. Épiderme à cellules prismatiques biseautées, avec stomates et poils des deux formes observées dans le *G. Primula*, poils capités longs et courts. Parenchyme cortical prismatique, à endoderme partiellement lignifié. Péricycle mince et cellulosique ; faisceaux libéro-ligneux au nombre de quinze à vingt, tissu criblé compact, bois composé de vaisseaux et de parenchyme médullaire prismatique.

Bractée florale. — Épiderme semblable sur les deux faces ; cellules prismatiques à la base et vers la nervure médiane, à parois courbes ou légèrement sinueuses vers le sommet : stomates circulaires, poils courts plus nombreux à la face interne. — Mésophylle prismatique homogène. Appareil conducteur très réduit, à éléments libériens et ligneux identiques à ceux de la hampe.

Pédoncule floral. — Type de structure caractérisé par l'*interruption du péricycle entre les faisceaux*, fait unique dans la famille des Primulacées. Cette interruption est un argument de plus pour considérer le péricycle de ces plantes comme appartenant au système conducteur et non au parenchyme conjonctif du cylindre central.

Cellules épidermiques, stomates et poils identiques à ceux de la hampe florale, les poils nombreux, surtout à la base de la fleur. — Parenchyme cortical prismatique, amylifère. — Péricycle discontinu, mince, interrompu entre les faisceaux libéro-ligneux au nombre de sept ou huit. — Parenchyme médullaire prismatique creusé d'une lacune circulaire axile bien délimitée.

Le parenchyme cortical passe directement au parenchyme médullaire et sans qu'il y ait la moindre limite dans la région péricyclique. Ce fait met en doute l'autonomie du cylindre central.

CALICE. — Cellules épidermiques rectangulaires de face, à contours légèrement ondulés. Poils et stomates sur les deux faces et très nombreux. — Parenchyme prismatique à cellules inégales à la base, devenant tabulaires et très allongées vers le sommet. Une nervure médiane et deux nervures marginales qui se ramifient faiblement dans le tiers supérieur du limbe.

COROLLE. — Cellules épidermiques rectilignes à la base des pétales, devenant ondulées dans la partie libre des pétales ; stomates très nombreux sur les deux faces, poils abondants à la face interne vers la base, et à la face externe dans la région supérieure.

Pollen en grains ellipsoïdes (A = 32 μ ; a = 18 μ).

PISTIL. — *Paroi ovarienne.* — Même structure que *Primula sinensis*. Épiderme interne lignifié et épaissi au moment de la fructification. Parenchyme comprenant environ cinq assises de cellules.

Graine bitégumentée. Tégument externe : assise superficielle prolongée en papilles, assise sous-jacente à parois épaissies, chaque cellule renfermant plusieurs petits cristaux d'oxalate de calcium. Albumen oléagineux à cellules isodiamétriques à parois très minces.

Embryon relativement volumineux par rapport à la graine, hypocotyle cylindrique, cotylédons courts à structure normale ; *cylindre central très étroit*, fait en corrélation avec l'absence de moelle proprement dite dans la tige.

Dans l'étude des genres *Pomatosace, Soldanella* et *Bryocarpum*, nous avons vu l'importance qu'il faut accorder en systématique à l'anatomie de la feuille des tiges florales et des différentes pièces de la fleur. La même remarque s'impose au sujet d'Hottonia *palustris* L. Le genre *Hottonia* constitue à lui seul une tribu spéciale pour beaucoup de morphologistes; mais si l'on tient compte de l'influence du milieu aquatique, il devient tout à fait nécessaire de rapprocher le genre *Hottonia* du genre *Primula* et peut-être même d'en faire une espèce de ce genre : *Primula palustris*. Baillon était arrivé à cette conclusion, mais il n'a pas été suivi (1).

---

14. — SAMOLUS L.

Huit espèces. *S. Valerandi* L. ubiquiste, les autres sur les côtes de l'Hémisphère sud, deux s'élevant jusque dans le sud des États-Unis.

(1) Baillon, 1892, *Histoire des plantes*, t. XV, p. 318.

S. Valerandi L.

Racine. — *Racine principale.* — Structure binaire typique. *Racine latérale.* — Structure primaire normale à trois ou quatre lames ligneuses se rejoignant au centre et liber très réduit; vaisseaux secondaires formant, avec le bois primaire, un massif central cylindrique entouré par une couronne mince de tissu criblé secondaire, interrompu devant les lames ligneuses primaires où le péricycle s'est cloisonné plusieurs fois dans le sens tangentiel.

Tige. — *Hypocotyle.* — Cylindre central identique à celui de la racine principale et dans son prolongement direct. Parenchyme cortical légèrement chlorophyllien.

Tige. — La section transversale d'un entre-nœud quelconque est circulaire et ne présente aucune variation notable sur toute la longueur de la tige, sauf en ce qui concerne l'épaisseur des différentes régions et la lignification du péricyle et du bois de moins en moins accusée de la base au sommet.

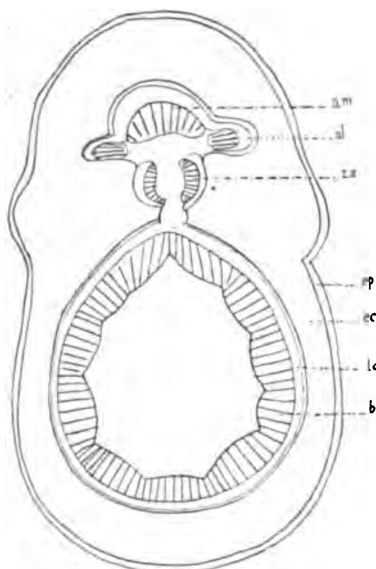


Fig. 73. — *Samolus Valerandi* L. — Coupe transversale schématique de la tige dans une région nodale : *nm*, nervure médiane; *nl*, nervures latérales; *ra*, rameau axillaire; *ep*, épiderme; *ec*, écorce; *ac*, appareil criblé; *b*, bois.

Cellules épidermiques prismatiques, stomates très abondants. Poils courts, enfoncés, à extrémité libre discoïde. Parenchyme cortical cylindrique dans la zone externe, prismatique vers l'endoderme, subérifié d'abord, puis épaissi et même lignifié dans les régions âgées ; chloroplastes très abondants dans la zone périphérique. Péricycle lignifié et épais, sauf au sommet de la tige où il est mince et cellulosique; tissu criblé en îlots séparés par des cellules de parenchyme; bois en couronne continue comme le tissu criblé à pointements ligneux primitifs bien définis; vaisseaux en files radiales régulières séparées par des files de parenchyme lignifié. Au sommet, la couronne libéroligneuse se sépare en faisceaux distincts représentant autant de

traces foliaires. — Parenchyme central prismatique et homogène.

Aux nœuds la trace foliaire émet, dès son insertion sur le système conducteur de la tige, deux rameaux latéraux (fig. 73).

Il est à remarquer que fréquemment, les faisceaux ligneux du sommet ne sont pas en face des faisceaux libériens et que nous n'avons pas là des faisceaux libéro-ligneux bien définis (fig. 74).

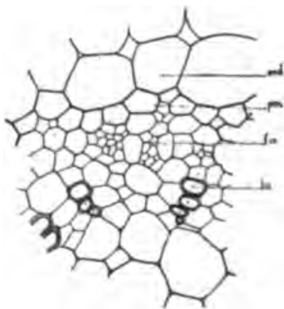


Fig. 74. — *Samolus Valerandi* L. — Tige : section transversale dans la région du sommet; *end*, endoderme; *peri*, péricycle; *f. cr*, fascicules de tissu criblé; *bo*, bois primitif (gr. = 400).

Feuille. — *Cotylédon*. — Pétiole comme celui de *P. sinensis*. — *Limbe*. — Cellules épidermiques ondulées avec poils et stomates sur les deux faces, mais plus nombreux sur la face externe dont les cellules ont également des contours plus ondulés. Mésophylle presque homogène; sous l'épiderme interne, tendance à la différenciation palissadique; parenchyme légèrement lacuneux sous l'épiderme externe.

Feuille. — *Pétiole* : section biconvexe prolongée latéralement en deux ailes courtes. Cellules épidermiques prismatiques à extrémité en biseau, stomates et poils courts abondants sur les deux faces. — Parenchyme abondant, chlorophyllien sous l'épiderme formé de cellules à section arrondie; gaine endodermique autour de chaque faisceau. — Arc libéro-ligneux au milieu du parenchyme, à section semi-circulaire; très bas, s'insèrent deux petites nervures secondaires. Liber comprenant une assise de fibres primitives externes cellulosiques et un arc de tissu criblé en îlots enveloppant le bois formé de lames radiales de vaisseaux, séparées par des lames de parenchyme conducteur; fibres primitives internes abondantes.

Limbe. — Cellules épidermiques légèrement ondulées disposées radialement autour des poils enfoncés; stomates très nombreux. — Mésophylle: Autour de la nervure médiane également distante des deux épidermes, parenchyme prismatique homogène peu chlorophyllien; entre les nervures principales, mésophylle bifacial composé d'une assise de cellules palissadiques inégales et lâchement unies, et de quatre assises environ de cellules rameuses; cellules tannifères abondantes dans tout le mésophylle. — Nervure médiane présentant vers le milieu de la feuille la même constitution que dans le pétiole.

Pédoncule floral. — Structure du type *Lysimachia* identique au-

dessus et au-dessous de la bractée florale qui est insérée sur le pédoncule floral vers son milieu. Épiderme avec stomates et poils. Parenchyme cortical chlorophyllien homogène, péricycle sclérenchymateux, couronne libéro-ligneuse se partageant en dix faisceaux libéro-ligneux à la base de la fleur. De ces dix faisceaux, cinq se prolongent dans les pétales, y formant leur nervure médiane; les cinq autres se dédoublent au niveau de l'insertion de la corolle pour former les cinq pétalaires médians, et cinq faisceaux ovariens qui se prolongeront dans le style.

Bractée florale. — Cellules isodiamétriques ou allongées à contours rectilignes ou légèrement ondulés; stomates et poils abondants sur les deux faces. — Mésophylle homogène, parenchyme prismatique, chlorophyllien. Nervure médiane semblable à celle de la feuille végétative.

Calice. — Épiderme comme dans la bractée florale. — Mésophylle beaucoup plus lacuneux. — Nervure médiane à section ovalaire, nervures marginales très réduites.

Corolle. — Cellules prismatiques à contours rectilignes dans la portion gamopétale, à contours sinueux dans la partie libre où toutes sont prolongées en papilles à la face interne.

Parenchyme lacuneux plus mince (deux assises), entre les nervures qu'autour de celles-ci.

Nervures médianes concentriques sous l'insertion des étamines devenant collatérales au-dessus; nervures marginales collatérales dès la base.

Étamine. — *Filet.* — Cellules épidermiques prismatiques, ainsi que celles du parenchyme sous-jacent entourant un faisceau concentrique.

Anthère. — Cellules épidermiques ondulées. — Parenchyme mécanique à épaississements en U soudés par leurs courbures dans chaque cellule et localisés dans la région latérale de l'anthère, de chaque côté de la ligne de déhiscence; ailleurs, autour des sacs polliniques, épaississements spiralés, le reste du parenchyme connectif est riche en amidon sous forme de grains composés.

Dans l'anthère jeune, on distingue sous l'assise mécanique et autour des sacs polliniques, une assise nourricière qui difflue après la division des cellules-mères du grain de pollen. Celles-ci naissent du cloisonnement d'une file verticale de cellules que l'on distingue dans l'anthère en voie de formation par leur volume et leur contenu protoplasmique très dense.

Pollen. — Grains ellipsoïdes renflés au milieu, à membrane externe ponctuée; trois plis, munis d'un pore en leur milieu (fig. 24).

Pistil. — *Paroi ovarienne.* — Cellules épidermiques allongées, prismatiques, plus étroites à la face interne qu'à la face externe.

Mésophylle : sous l'insertion du périanthe, parenchyme chlorophyllien légèrement lacuneux bifacial : une assise de cellules palissadiques sous l'épiderme externe et généralement trois assises de cellules rameuses aplaties vers la face interne. Au-dessus de l'insertion du périanthe, bourrelet circulaire de parenchyme polyédrique. Dix faisceaux conducteurs à orientation indéterminée et liber enveloppant presque complètement le bois.

A l'époque de la maturité des graines, tout l'épiderme est lignifié, de même une partie du parenchyme de la région supérieure, d'abord sous l'épiderme externe, suivant une assise de cellules, puis deux, puis trois; à la base du style, toute l'épaisseur de la paroi est également lignifiée.

Style. — Structure normale. Épidermes à cellules prismatiques, celles qui limitent la partie supérieure du canal prolongées en papilles. — Parenchyme externe mince chlorophyllien, parenchyme interne riche en protoplasme. — Cinq faisceaux collatéraux, prolongement des cinq nervures médianes.

Placenta. — Parenchyme prismatique régulier, dans le pédicelle, devenant plus ou moins cylindrique dans la région ovulifère, où il est chlorophyllien à la périphérie ; cellules épidermiques légèrement papilleuses. — Sept cordons libéro-ligneux concentriques à section inégale, quelques-uns d'entre eux provenant de la fusion de plusieurs faisceaux dans le réceptacle floral. — Pendant la fructification, les cellules du parenchyme augmentent considérablement de volume.

Ovule. — Tégument externe à deux assises de cellules tabulaires, l'externe tannifère ne recouvrant pas le sommet de l'ovule. Tégument interne à trois assises de cellules, celles de l'assise interne très allongées radialement, épaissies sur la face en contact avec le nucelle. Nucelle réduit au moment de la fécondation au sac embryonnaire.

Graine. — Structure typique ; tégument externe : l'assise superficielle formée de cellules tabulaires non papilleuses, l'assise sous-jacente oxalifère, chaque cellule renfermant plusieurs cristaux d'oxalate de calcium de dimensions et de formes très différentes, ces deux assises constituent le tégument externe ; tégument interne : trois assises de cellules, les deux externes tout à fait écrasées, la troisième formée de cellules tabulaires.

Le port des Samolus, leur mode de vie, les caractères morphologiques, sauf l'inferovarie, les caractères anatomiques et surtout ceux

tirés de la feuille et de la fleur, rapprochent ces plantes des *Lysimachioïdées*, tout en continuant de former une tribu distincte.

---

15. — LUBINIA L.

Quatre espèces groupées en deux sections.

Le genre *Lubinia* est très homogène. On le réunit fréquemment au genre Lysimachia.

Section I. — **Eulubinia**

L. spathulata Vent.

Racine. — *Racine principale.* — Structure binaire typique à cylindre central étroit; lame ligneuse bipolaire très réduite et production hâtive de formations secondaires. Péricycle abondamment divisé devant les centres de différenciation ligneuse. Endoderme cloisonné radialement.

Racines latérales. — Six à huit lames ligneuses primaires entourées par un ensemble de vaisseaux secondaires et de parenchyme médullaire sclérifié ; couronne libérienne continue à tissu criblé interrompu par des cellules cambiformes en face des pointements primaires.

Hypocotyle. — Continuation de la structure binaire de la racine, avec transformation de l'épiderme et cloisonnement tangentiel du péricycle produisant du liber sur sa face interne.

Au delà de l'insertion des cotylédons dans une germination n'ayant pas encore d'autres feuilles, la tige qui fait suite à l'hypocotyle ne présente pas encore de cylindre central développé. Il y a deux faisceaux de procambium destinés aux troisième et quatrième feuilles.

Tige. — Les entre-nœuds adultes ont la même structure que ceux du *Lysimachia Ephemerum* ou *L. vulgaris*. Système conducteur en couronne continue à pointements vasculaires nombreux, liber en couronne continue dont les éléments parenchymateux séparant les îlots criblés se sclérifient, de manière à former un anneau de sclérenchyme accolé au péricycle et parsemé de faisceaux de tissu criblé. Parenchyme cortical chlorophyllien légèrement amylifère. Épiderme à cellules prismatiques, parois minces, allongées radialement. Stomates et poils d'une seule forme, courts à cellule terminale simple ou divisée perpendiculairement à la surface.

Feuille. — *Cotylédons.* — Épiderme bifacial, stomates à la face externe seulement où les cellules sont allongées et très sinueuses. Mésophylle composé de cellules volumineuses prismatiques, différenciées en quelques points en cellules palissadiques.

Feuille adulte. Pétiole. — Face interne concave vers le milieu, section plan-convexe aux deux extrémités. Lame conductrice légèrement arquée et deux faisceaux à section ovalaire, tout à fait latéraux et s'insérant sur la nervure médiane à sa base. Endoderme subérifié normal et parenchyme chlorophyllien homogène. A la face externe de la nervure médiane, quelques fibres lignifiées.

Limbe. — Épiderme nettement bifacial. Cellules à contours rectilignes à la face interne, curvilignes ondulés à la face externe, celle-ci possédant des stomates nombreux et des poils courts peu abondants. Mésophylle bifacial. Deux assises de cellules palissadiques larges, parenchyme rameux très lacunaire. Nervure médiane à fibres primitives non lignifiées, liber en îlots criblés, vaisseaux ligneux en files flabelliformes.

Pédoncule floral. — Section circulaire à la base, pentagonale au sommet. Couronne libéro-ligneuse continue, se partageant en dix faisceaux dans la région supérieure où le liber a une tendance à entourer le bois. Péricycle fibreux mince, parenchyme cortical chlorophyllien homogène. Épiderme avec stomates et poils nombreux.

Dans le réceptacle floral, parcours des faisceaux typiques, faisceaux placentaires insérés latéralement sur les dix faisceaux du pédoncule peu après leur divergence.

Pendant la fructification tout le parenchyme périfasculaire du réceptacle floral se sclérifie fortement.

Calice. — Poils et stomates sur les deux épidermes. — Mésophylle prismatique homogène peu méatique à la base, devenant rameux et très lacuneux vers le sommet. Poches sécrétrices volumineuses bordées par une assise de cellules volumineuses. Nervation peu ramifiée, nervure médiane et deux nervures latérales à section ovale et structure normale. Assise sous-épidermique tannifère.

Corolle. — Sous l'insertion des étamines, épidermes et parenchyme prismatiques, ce dernier plus abondant autour des cinq nervures médianes à structure concentrique qu'autour des cinq nervures intercalaires à structure collatérale. Poils abondants sur la face interne. Au-dessus de l'insertion des étamines, parenchyme rameux latéralement et cellules épidermiques ondulées. Toutes les nervures et leurs ramifications sont collatérales. — Épidermes tannifères.

Étamine. — *Filet.* — Structure typique à faisceau concentrique. *Anthère.* — Épiderme ondulé, parenchyme mécanique à épaississements en U et spiralés ; *pollen* ellipsoïde à trois plis, trois pores.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Mésophylle parenchymateux homogène plus épais au sommet qu'à la base; cinq faisceaux libéroligneux collatéraux, mal déterminés. Assises sous-épidermiques tannifères.

Style. — Structure normale. Épiderme dépourvu de poils et de stomates, parenchyme externe mince, cinq faisceaux, prolongement des cinq faisceaux ovariens et parenchyme conducteur entourant le canal stylaire.

Placenta. — Dans le pédicelle cinq ou sept faisceaux à bois *externe ou latéral par rapport au liber* et parenchyme prismatique à cellules disposées en files verticales. Dans la région ovulifère, prolongement des faisceaux qui se divisent et se courbent vers les ovules et parenchyme amylifère et tannifère.

Ovule. — Structure typique normale (comme *P. sinensis*). Cette espèce nous a fourni une excellente préparation d'un ovule jeune montrant nettement la structure du nucelle, le développement et le cloisonnement tangentiel des deux téguments (fig. 30).

Graine. — Comme *P. sinensis*, assise superficielle à cellules tabulaires très longues non prolongées en papilles, à parois minces subérifiées, l'assise sous-jacente à parois cellulosiques épaisses ne laissant de lumière que les espaces occupés par plusieurs cristaux d'oxalate de calcium.

Section II. — **Coxia** Engler.

Lubinia atropurpurea Link et Otto.

L'anatomie de cette espèce diffère à peine de la précédente.

Tige. — Épiderme à cuticule fortement striée, stomates et poils nombreux. Écorce mince. Péricycle épais, quatre ou cinq assises de cellules à membranes très épaisses. Tissu criblé en îlots étroits englobés dans le sclérenchyme. Bois groupé en traces foliaires correspondant souvent à trois cordons libériens. Moelle lignifiée à la périphérie.

Feuille. — Pétiole comme l'espèce précédente. Limbe : stomates très nombreux sur les deux faces. L'épiderme interne présente des cellules à contours rectilignes ou curvilignes légèrement ondulés. Poils clairsemés des deux côtés.

16. — LYSIMACHIA L.

Environ soixante espèces, habitant pour la plupart les zones tempérée et subtropicale de l'hémisphère Nord; quelques-unes viennent dans l'Afrique tropicale et au Cap, en Australie et dans quelques îles de l'océan Pacifique. Pax les a groupées en cinq sections.

Nous ferons la monographie anatomique d'une espèce appartenant à chacune de ces sections.

SECTION I. — **Ephemerum** Duby.

Lysimachia Ephemerum L.

RACINE. — La racine principale n'a qu'une durée très faible, elle est bientôt suppléée par de nombreuses racines adventives qui naissent d'abord sur l'axe hypocotylé, puis sur les nœuds inférieurs de la tige principale et sur les rhizomes.

La structure est normale et binaire. Le bois primaire forme une lame bipolaire diamétrale. Le liber primaire est réduit à un petit nombre d'éléments criblés; à leur face interne se développent de bonne heure deux masses libéro-ligneuses secondaires.

Dans les racines latérales, le nombre des lames ligneuses primaires varie avec leur diamètre ; celles insérées sur l'hypocotyle ayant 1 millimètre au moins de diamètre sont tripolaires, les autres sont 4, 5-polaires.

Les racines de toutes les espèces de Lysimachia se comportent de la même façon.

TIGE. — Vers le milieu d'un entre-nœud âgé complètement développé, une coupe transversale présente un épiderme avec stomates et poils, un parenchyme cortical chlorophyllien très méatique, un système conducteur en couronne libéro-ligneuse continue présentant un grand nombre de pointements ligneux primaires, une moelle parenchymateuse homogène à lacunes volumineuses, séparées par un plan de cellules. A la base, il y a tendance à la formation d'un liège épidermique. Un entre-nœud de la région du sommet présente quatre faisceaux volumineux opposés deux à deux dans le plan des feuilles et quatre faisceaux plus petits, compris entre les premiers. Plus bas à la face interne du liber, qui dès le sommet forme un manchon continu, se développent des lames ligneuses entre les faisceaux foliaires cités plus haut.

FEUILLE. — Structure bifaciale. Épidermes à cellules ondulées; sur les deux faces stomates et poils tri-cellulaires à cellule terminale sphérique simple. Un rang de cellules palissadiques très longues et quatre ou cinq assises de cellules rameuses constituent le mésophylle, parcouru par une nervure médiane à section demi-circulaire ; (liber normal, vaisseaux en éventail) et, par des nervures de plus en plus petites, à section ovalaire. Toutes les nervures sont enveloppées par une gaine de parenchyme conducteur qui prend les caractères d'une gaine endodermique dans les nervures importantes de la base.

Les feuilles basilaires ont une forme un peu différente des feuilles supérieures. Leur limbe s'atténue graduellement en une région pétiolaire étroite qui devient plus large à l'insertion. Les feuilles supérieures sont tout en limbe. La trace foliaire de ces feuilles primordiales comprend un arc libéro-ligneux médian qui émet déjà des rameaux latéraux avant la séparation de la feuille et deux faisceaux marginaux qui s'insèrent sur la tige à 60° environ de l'arc médian. Celui-ci se compose d'une lame de fibres primitives collenchymateuses, d'une lame de tissu criblé normal, d'une assise génératrice, d'une lame flabelliforme de vaisseaux dont les premiers formés sont épars au milieu d'une masse épaisse de fibres primitives collenchymatoïdes.

PÉDONCULE FLORAL. — Épiderme à cellules très épaissies sur leurs faces externes et internes, stomates et poils abondants. Parenchyme cortical chlorophyllien à cellules tannifères éparses. Système conducteur comprenant un anneau continu de liber à la face interne duquel se développent des files radiales de vaisseaux non groupés en faisceaux; moelle parenchymateuse. Le liber comprend : un péricycle plurisérié cellulosique à l'anthèse, des îlots de tissu criblé séparés les uns des autres par des fibres primitives identiques à celles du péricycle, toutes ces fibres se lignifient pendant la fructification, de même pour un certain nombre de cellules de la moelle.

Bractée florale. — La bractée florale est sessile, de forme triangulaire allongée. Cellules épidermiques légèrement ondulées et identiques sur les deux faces; stomates nombreux surtout dans la portion basilaire élargie; poils répartis sur toute la surface. Dans son ensemble, le parenchyme est rameux, cependant il y a formation sporadique des cellules palissadiques. La nervure médiane a dès la base une section ovalaire. Sa structure est celle des nervures de même calibre de la feuille.

CALICE. — Le mésophylle est riche en chlorophylle sans présenter de tissu palissadique. Les cellules épidermiques ne diffèrent pas de

celles de la feuille (fig. 75). Stomates extrêmement abondants, attestant l'intensité de la fonction respiratoire dans cet organe. Le système conducteur est formé d'une nervure médiane richement ramifiée et de deux nervures marginales simples. Les nervures ne présentent pas d'anastomoses.



Fig. 75. — *Lysimachia Ephemerum* L. Sépale : épiderme externe vu de face.

Corolle. — Structure homogène. Cellules épidermiques toutes tannifères, allongées et très ondulées. Deux sortes de poils : unicellulaires en massue ou *n*-cellulaires formant à la base du tube une couronne interne très dense.

Dans le mésophylle, deux assises de cellules régulièrement rameuses sur leurs faces latérales, dans la région du limbe.

Nervation : dans le tube, dix faisceaux : cinq pétalaires médians concentriques, cinq intercalaires collatéraux. Au-dessus de l'insertion du faisceau staminal, les faisceaux concentriques deviennent collatéraux, tous se divisent une ou deux fois sans s'anastomoser.

Étamine. — *Filet* à faisceau unique concentrique, entouré par un parenchyme homogène et un épiderme dépourvu de stomates et de poils. — *Anthère* : cellules épidermiques isodiamétriques de face, poils courts, peu abondants; parenchyme mécanique à épaississements en U ouverts vers l'extérieur, dans la région avoisinant la ligne de déhiscence, et épaississements spiralés dans le reste de la portion mécanique du connectif ; faisceau concentrique dans lequel la différenciation libéro-ligneuse n'atteint pas le sommet. — Pollen en grains ellipsoïdes réguliers à trois plis méridiens et trois pores vers leur milieu.

Ovaire. — *Paroi ovarienne*. — Mésophylle à parenchyme homogène, tabulaire, dont toutes les cellules du sommet s'épaississent et se lignifient pendant la fructification ; dix faisceaux conducteurs collatéraux, cinq médians opposés aux sépalaires. Cellules épidermiques étroites et étirées longitudinalement à la face interne, régulièrement polygonales à la face externe. — *Style*. — Sous l'épiderme prismatique, mince couche de parenchyme prismatique, puis cinq faisceaux collatéraux très réduits, prolongement des cinq faisceaux médians et, autour du canal stylaire, couche de parenchyme conducteur. Pendant la fructification, formation de cinq cordons de sclérenchyme entre les faisceaux conducteurs.

Stigmate en pointe obtuse, papilles peu nombreuses autour de l'embouchure du canal stylaire.

Placenta. — Masse globuleuse de parenchyme amylifère et tannifère dans la périphérie de laquelle sont enchâssés les ovules.



Fig. 76. — *Lysimachia Ephemerum* L. Fruit : coupe transversale d'un faisceau placentaire inverse : *l. c*, tissu criblé; *b.* bois; *scl*, cellule scléreuse (gr. = 450).

Faisceaux conducteurs au nombre de six, sept, plus ou moins confluents et à bois externe (fig. 77).

Épiderme à poils tri-cellulaires courts abondants à la surface du pédicelle.

Ovule. — Deux téguments et nucelle ellipsoïde constitué par une file axile et une assise périphérique de cellules. Une cellule de la file axile s'accroît aux dépens des autres qui diffluent et sont absorbées ; cette cellule devient le sac embryonnaire.

Pendant la maturation des graines, les cellules épidermiques internes de la paroi ovarienne deviennent lignifiées rayées, le parenchyme de la région supérieure devient également rayé, sauf en regard des nervures, où se fera la déchirure de la paroi. Le parenchyme conducteur se lignifie (fig. 77).

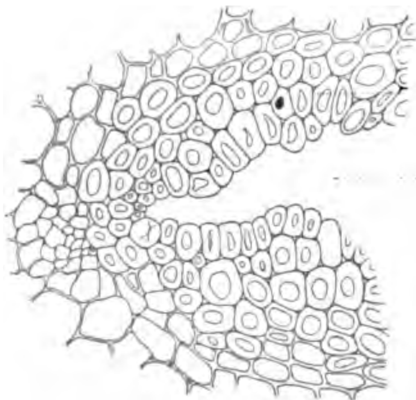


Fig. 77. — *Lysimachia Ephemerum* L. Fruit : coupe transversale à la base du style, *se*, parenchyme conducteur sclérifié; *cs*, canal stylaire.

Graine. — *Tégument* dans lequel les deux assises externes de cellules proviennent du tégument externe de l'ovule, les autres du tégument interne. L'assise externe est colorée en brun, celle qui vient au-dessous a toutes ses cellules épaissies renfermant plusieurs cristaux d'oxalate de calcium. Les suivantes sont vides et toutes écrasées. — Albumen cellulosique par les membranes épaissies des cellules, aleurique et oléagineux par leur contenu.

SECTION II. — **Lysimastrum** Duby.

Fleurs jaunes en panicule ou solitaires à l'aisselle des feuilles, filets plus courts que la corolle, libres ou unis entre eux à la base, toujours concrescents avec la corolle.

Lysimachia vulgaris L.

M. Kamienski a décrit avec soin l'anatomie de l'appareil végétatif. Après les avoir contrôlées, nous ne faisons que résumer ses observations en les précisant.

RACINE LATÉRALE. — Assise pilifère et écorce persistantes.

Cylindre central dont le rayon occupe environ le tiers du rayon total; liber en couronne très mince, bois en couronne épaisse formé par cinq lames ligneuses primaires complètement masquées par les vaisseaux secondaires formant un manchon dont le centre est occupé par une moelle tout à fait sclérifiée.

Les cellules épidermiques épaississent leurs membranes sur leur face externe, l'écorce riche en amidon est parsemée de cellules sclérifiées dans la zone interne.

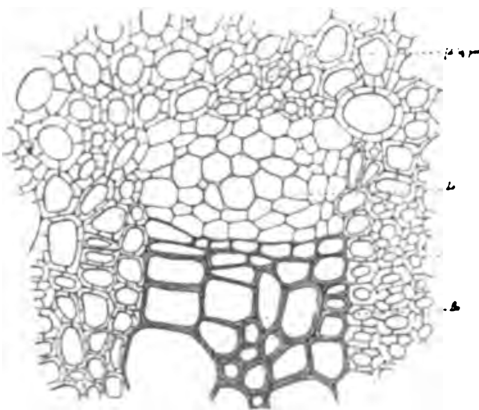


Fig. 78. — *Lysimachia vulgaris* L. Coupe transversale d'une partie du cylindre central dans un nœud âgé (gr. = 450); *fib. lign. per*, fibres ligneuses péricycliques; *li*, liber; *bo*, bois.

TIGE. — Section circulaire cannelée. Épiderme portant des poils en grand nombre, poils tri-cellulaires, à cellule terminale simple ou divisée en deux et poils 5, 6-cellulaires à cellule terminale non différenciée, stomates rares, quelquefois l'épiderme est exfolié et remplacé par une mince couche de liège épidermique ou sous-épidermique.

Parenchyme cortical cylindrique dans la zone externe, prismatique dans la zone interne, parsemé de cellules scléreuses et de grandes lacunes, cellules tannifères très abondantes; endoderme subérifié, et même sclérifié en certains points.

Système conducteur en couronne continue se divisant en faisceaux libéro-ligneux distincts au sommet en nombre n, triple du nombre des feuilles insérées aux nœuds, $n/3$ foliaires, $2n/3$ réparateurs par conséquent.

Péricycle scléreux comprenant une, deux assises de cellules toujours distinctes par leur forme et leur couleur des cellules scléreuses du bois (fig. 78).

Liber normal en îlots distincts vers le milieu des entre-nœuds, en bandes continues dans les traces foliaires vers les nœuds. Bois normal, sclérenchyme abondant vers le milieu des nœuds, parenchyme conducteur cellulosique et fibres primitives en grande quantité aux nœuds.

Feuille. — Pétiole très court, à section convexe-concave, creusé d'un sillon à la face interne. Poils des deux formes, nombreux.

Parenchyme normal. Système conducteur en lame très étalée, étroite, se ramifiant avant la séparation du pétiole.

Limbe. — Cellules épidermiques très ondulées, cuticule à stries parallèles ondulées très marquées. Stomates dans l'ensemble orientés perpendiculairement à la nervure médiane et poils des deux formes plus nombreux sur la face inférieure (300 stomates par millimètre carré).

Nervation pennée réticulée, nervure médiane terminée en hydathode, nervures de deuxième ordre réunies à la périphérie par des arcs marginaux. Mésophylle bifacial, une assise de cellules palissadiques, trois, quatre assises de cellules très rameuses.

Section III. — **Nummularia** Nyman.

Lysimachia Nummularia L.

Racine latérale. — Structure normale. Poils absorbants très nombreux ; après leur chute, subérification des membranes de l'assise pilifère. Parenchyme cortical sérié dans toute son épaisseur, sauf l'assise subéreuse ; parois minces ; amidon très abondant ; endoderme normal. Cylindre central tétrapolaire; productions secondaires peu abondantes, presque exclusivement libériennes; parenchyme médullaire à parois minces, contenu protoplasmique.

Tige. — Section 4-angulaire, deux côtés convexes les plus larges, deux côtés concaves très étroits. Cellules épidermiques volumineuses à parois épaissies, cuticule épaisse ; stomates très petits, poils tri-cellulaires capités. Parenchyme cortical collenchymatoïde dans les ailes, chlorophyllien et amylifère, sérié radialement dans la zone

interne ; endoderme normal. Système conducteur à section elliptique avec grand axe orienté dans le plan de symétrie des feuilles supérieures ; couronne libéro-ligneuse continue. Péricycle uni ou bisérié ; tissu criblé typique à parois minces ; bois formé de vaisseaux et de parenchyme en séries radiales, quatre pointements primitifs faiblement indiqués.

FEUILLE. — *Pétiole* : section convexe-concave, avec deux prolongements aliformes. Nervure à section elliptique (fig. 79).

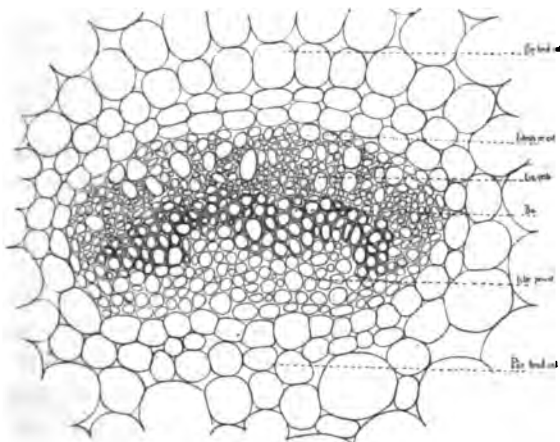


Fig. 79. — *Lysimachia Nummularia* L. Section transversale de la trace foliaire dans le pétiole (gr. = 450).

Limbe. — Structure bifaciale. Cellules épidermiques ondulées, plus volumineuses à la face externe qu'à la face interne où les stomates sont plus abondants. Une assise de cellules palissadiques étroites et serrées ; parenchyme rameux peu lacuneux. Poches glandulaires à égale distance des épidermes, remplie d'une substance tannifère, cristallisée en sphérites. Système conducteur constitué par une nervure médiane terminée en hydathode, et cinq, six nervures secondaires réunies en arc marginal et présentant quelques ramifications libres.

PÉDONCULE FLORAL. — Section pentagonale dès la base. Écorce épaisse par rapport au cylindre central. Système conducteur en couronne continue, à faisceaux ligneux faiblement distincts, sauf au sommet où ils divergent au nombre de dix pour se rendre dans le calice et la corolle. Parcours des faisceaux identique à celui décrit pour le *Lysimahia Ephemerum*.

CALICE. — Cellules épidermiques ondulées à parois radiales lé-

Système conducteur en couronne continue se divisant en faisceaux libéro-ligneux distincts au sommet en nombre n, triple du nombre des feuilles insérées aux nœuds, $n/3$ foliaires, $2n/3$ réparateurs par conséquent.

Péricycle scléreux comprenant une, deux assises de cellules toujours distinctes par leur forme et leur couleur des cellules scléreuses du bois (fig. 78).

Liber normal en îlots distincts vers le milieu des entre-nœuds, en bandes continues dans les traces foliaires vers les nœuds. Bois normal, sclérenchyme abondant vers le milieu des nœuds, parenchyme conducteur cellulosique et fibres primitives en grande quantité aux nœuds.

Feuille. — Pétiole très court, à section convexe-concave, creusé d'un sillon à la face interne. Poils des deux formes, nombreux.

Parenchyme normal. Système conducteur en lame très étalée, étroite, se ramifiant avant la séparation du pétiole.

Limbe. — Cellules épidermiques très ondulées, cuticule à stries parallèles ondulées très marquées. Stomates dans l'ensemble orientés perpendiculairement à la nervure médiane et poils des deux formes plus nombreux sur la face inférieure (300 stomates par millimètre carré).

Nervation pennée réticulée, nervure médiane terminée en hydathode, nervures de deuxième ordre réunies à la périphérie par des arcs marginaux. Mésophylle bifacial, une assise de cellules palissadiques, trois, quatre assises de cellules très rameuses.

Section III. — **Nummularia** Nyman.

Lysimachia Nummularia L.

Racine latérale. — Structure normale. Poils absorbants très nombreux ; après leur chute, subérification des membranes de l'assise pilifère. Parenchyme cortical sérié dans toute son épaisseur, sauf l'assise subéreuse ; parois minces ; amidon très abondant ; endoderme normal. Cylindre central tétrapolaire; productions secondaires peu abondantes, presque exclusivement libériennes; parenchyme médullaire à parois minces, contenu protoplasmique.

Tige. — Section 4-angulaire, deux côtés convexes les plus larges, deux côtés concaves très étroits. Cellules épidermiques volumineuses à parois épaissies, cuticule épaisse ; stomates très petits, poils tri-cellulaires capités. Parenchyme cortical collenchymatoïde dans les ailes, chlorophyllien et amylifère, sérié radialement dans la zone

interne ; endoderme normal. Système conducteur à section elliptique avec grand axe orienté dans le plan de symétrie des feuilles supérieures ; couronne libéro-ligneuse continue. Péricycle uni ou bisérié ; tissu criblé typique à parois minces ; bois formé de vaisseaux et de parenchyme en séries radiales, quatre pointements primitifs faiblement indiqués.

FEUILLE. — *Pétiole* : section convexe-concave, avec deux prolongements aliformes. Nervure à section elliptique (fig. 79).

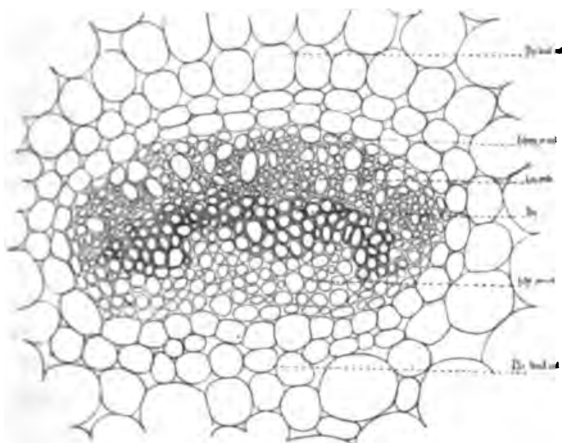


Fig. 79. — *Lysimachia Nummularia* L. Section transversale de la trace foliaire dans le pétiole (gr. = 450).

Limbe. — Structure bifaciale. Cellules épidermiques ondulées, plus volumineuses à la face externe qu'à la face interne où les stomates sont plus abondants. Une assise de cellules palissadiques étroites et serrées ; parenchyme rameux peu lacuneux. Poches glandulaires à égale distance des épidermes, remplie d'une substance tannifère, cristallisée en sphérites. Système conducteur constitué par une nervure médiane terminée en hydathode, et cinq, six nervures secondaires réunies en arc marginal et présentant quelques ramifications libres.

PÉDONCULE FLORAL. — Section pentagonale dès la base. Écorce épaisse par rapport au cylindre central. Système conducteur en couronne continue, à faisceaux ligneux faiblement distincts, sauf au sommet où ils divergent au nombre de dix pour se rendre dans le calice et la corolle. Parcours des faisceaux identique à celui décrit pour le *Lysimahia Ephemerum*.

CALICE. — Cellules épidermiques ondulées à parois radiales lé-

gèrement épaissies aux courbures. Stomates peu abondants. Poils tri-cellulaires capités à cellule terminale simple.

Parenchyme prismatique légèrement rameux.

Système conducteur comme dans la feuille.

COROLLE. — Comme *L. vulgaris*, le parenchyme renferme des poches sécrétrices sphériques ou ellipsoïdes, tapissées par des cellules aplaties à section rectangulaire.

ÉTAMINE. — *Filet* : section elliptique. Poils épidermiques nombreux ; parenchyme amylacé, méatique ; faisceau concentrique à lame vasculaire tangentielle. *Anthère*. — Comme *Lysimachia Ephemerum*.

Pollen en grains ellipsoïdes aplatis aux extrémités du grand axe mesurant 45 μ et 22 μ suivant les deux axes.

OVAIRE. — *Paroi ovarienne*. — Épiderme typique. Poils nombreux à la base externe. Parenchyme prismatique *parsemé de poches sécrétrices*. Style comme *Lysimachia Ephemerum*.

SECTION IV. — **Lerouxia** Mérat.

L. nemorum L.

RACINE. — Racine latérale. Écorce persistante. Cylindre central pentapolaire. Moelle sclérenchymateuse. Productions libéro-ligneuses secondaires, localisées à la face interne des cordons libériens primaires. Endoderme non épaissi, peu ou pas cloisonné radialement.

TIGE. — Section quadrangulaire munie de quatre ailes aux angles. Épiderme comme *L. Nummularia*. Parenchyme cortical chlorophyllien à la périphérie, tannifère et amylifère. Quatre faisceaux libéro-ligneux situés en regard des angles ; assise génératrice continue adossée à l'endoderme entre les faisceaux et produisant à sa face interne une bande de sclérenchyme formant un anneau continu avec les faisceaux ligneux. Aux nœuds, les traces foliaires se divisent en deux branches et s'unissent aux faisceaux adjacents. Ces traces foliaires émettent dès leur base une nervure latérale à droite et à gauche.

FEUILLE. — *Pétiole*. — Section convexe-concave, relevée vers les bords. Épiderme et parenchyme comme *L. Nummularia* ; une nervure médiane et dès la base deux ramifications.

LIMBE. — Épiderme bifacial à la face interne dépourvue de stomates, cellules épidermiques (100μ-45μ), contours ondulés en lignes brisées avec épaississements aux angles ; poils courts, enfoncés, à

cellule terminale divisée ; à la face interne : cellules ondulées (75μ-30μ) à contours curvilignes, stomates nombreux (350 par mm²), poils disséminés; mésophylle bifacial; une assise de cellules palissadiques lâchement unies du côté externe ; quatre assises de parenchyme rameux ; chloroplastes volumineux sphériques (D=5μ), pas de poches sécrétrices. Système conducteur comme *L. Nummularia*. Cellules marginales en dents de scie.

Pédoncule floral. — Section circulaire, cylindre central très étroit et moelle nulle, ou réduite à quelques cellules. Écorce riche en amidon ; péricycle mince partiellement lignifié, deux bandes libéro-ligneuses accolées, formant un cylindre au centre de l'organe.

La tige, la feuille, le pédoncule floral permettent donc de distinguer très nettement *L. nemorum* de *L. Nummularia*.

SECTION V. — **Theopyxis** Grisebach.

L. umbellata Philippi.

TIGE. — Au milieu d'un entre-nœud jeune, section pentagonale.

Épiderme normal, poils tri-cellulaires courts à cellule terminale sphérique divisée en deux.

Parenchyme cortical à parois minces.

Péricycle comprenant environ quatre assises de cellules épaissies et lignifiées.

Couronne libéro-ligneuse continue, composée de cinq arcs à section en éventail disposés en regard des angles et réunis entre eux par une bande libéro-ligneuse mince.

Le bois est composé de vaisseaux et de parenchyme cellulosique.

FEUILLE. — *Pétiole.* — Comme *Lysimachia vulgaris*, une forme de poils tri-cellulaires courts à cellule terminale simple ou divisée.

Trace foliaire unifasciculée, large, ramifiée dès la base.

LIMBE. — Comme *L. vulgaris*.

Structure semblable à celle de la tige avec cinq faisceaux très distincts. Stomates très abondants, irrégulièrement disséminés. Poils tri-cellulaires capités. Péricycle, quatre, cinq séries, lignifié. A la fructification, tout le cylindre central se lignifie, sauf les éléments criblés du liber et les fibres primitives du bois.

PÉDONCULE FLORAL. — Section quadrangulaire. Type *Lysimachia Ephemerum*. Écorce large (1/2 R). Moelle nulle ou réduite à quelques cellules.

Le parenchyme du calice renferme des poches sécrétrices tannifères.

La corolle porte sur ses bords des poils 4-cellulaires à cellule terminale sphérique, cellule inférieure très volumineuse.

---

17. — STEIRONEMA Rafinesque.

Quatre espèces nord-americaines.

St. ciliatum Raf (*Lysimachia ciliata L.*)

RACINE PRINCIPALE. — Structure binaire normale.

RACINES LATERALES. — Six lames ligneuses primaires contre lesquelles viennent se placer des vaisseaux secondaires à large diamètre. Liber en couronne continue, tissu criblé en face du bois primaire où le péricycle s'est cloisonné tangentiellement; moelle parenchymateuse large.

HYPOCOTYLE. — Cylindre central bipolaire comme dans la racine principale sur les deux tiers inférieurs ; la lame ligneuse centrale se divise ensuite en deux lames qui s'accolent au bois des deux faisceaux secondaires.

TIGE. — Le rhizome et la tige dressée ont la même structure dans leurs entre-nœuds adultes ; quelques particularités histologiques seules les distinguent.

Épiderme à stomates et poils nombreux même dans le rhizome.

Parenchyme cortical homogène amylifère et tannifère.

Système conducteur en couronne continue, péricycle prosenchymateux, tissu criblé en îlots, séparés par de larges cellules parenchymateuses ; bois formé de vaisseaux secondaires à section polygonale régulière en files radiales séparées par des files de parenchyme, pointements primaires peu distincts dans le rhizome, nombreux dans les entre-nœuds adultes de la tige dressée.

COTYLÉDON. — Pétiole à section triangulaire plan-convexe. Épiderme pourvu de stomates et d'un petit nombre de poils courts à cellule terminale en massue.

Parenchyme prismatique légèrement chlorophyllien et amylifère.

Faisceau à section circulaire entouré par une gaine subérifiée. Liber enveloppant presque complètement le bois, celui-ci renfermant beaucoup de parenchyme.

Limbe. — Épiderme bifacial, les cellules de l'épiderme externe très ondulées, celles de l'épiderme interne plus volumineuses à contours à peine curvilignes et ondulés. Stomates abondants des deux côtés. Poils courts capités.

Mésophylle bifacial. — Une assise de cellules palissadiques en U

et deux, trois assises de cellules très rameuses et aplaties, nervation du type *Lysimachia*. Nervure médiane terminée au sommet en hydathode.

FEUILLE. — *Pétiole.* — Section en croissant présentant un sillon à la face interne, de chaque côté duquel la surface est convexe. Épiderme à cellules prismatiques, stomates et poils abondants. Parenchyme chlorophyllien lacuneux, collenchymateux sous l'épiderme ; système conducteur composé d'une nervure médiane à section en croissant et de deux faisceaux tout à fait latéraux insérés sur le système conducteur de la tige à 90° de l'insertion de la nervure médiane ; disposition tout à fait caractéristique des *Steironema*. Structure normale, fibres primitives internes et externes, liber en îlots criblés, vaisseaux ligneux en files radiales séparées par du parenchyme conducteur.

Limbe. — Épiderme bifacial, stomates et poils tri-cellulaires capités à la face externe seulement où les cellules sont sinuées à parois radiales épaissies; parenchyme palissadique occupant la moitié de la largeur du limbe avec une seule assise de cellules palissadiques; parenchyme rameux peu lacuneux. Même nervation que *Lysimachia vulgaris*.

PÉDONCULE FLORAL. — Épiderme à stomates et poils. Parenchyme chlorophyllien lacuneux, surtout en regard des cinq angles. Système conducteur formé par un péricycle mince et une couronne de dix, douze faisceaux ligneux et libériens mal définis et non régulièrement accolés, moelle collenchymateuse à la périphérie.

A la base de la fleur le péricycle se divise avec les faisceaux conducteurs au nombre de dix qui divergent, cinq se rendant dans le calice, cinq dans la corolle. Les faisceaux placentaires s'insèrent sur les précédents à la base du réceptacle floral, un peu plus haut les cinq faisceaux intercalaires de la corolle sur les sépalaires, puis les cinq faisceaux ovariens sur ces mêmes sépalaires.

CALICE. — Épiderme à stomates nombreux surtout au sommet de sa face interne, poils courts sur les deux faces.

Mésophylle homogène, parenchyme rameux à lacunes augmentant de la base au sommet.

Nervure médiane terminée en hydathode et deux nervures latérales la rejoignant au sommet et ramifiées d'une manière caractéristique.

COROLLE. — Structure typique. Cellules épidermiques allongées fortement sinuées latéralement dans le limbe, poils nombreux à la face interne, surtout vers la base.

Parenchyme compact et prismatique à la base, régulièrement

rameux dans le plan tangentiel vers le sommet et très tannifère.

Système conducteur comme *Lysimachia*, la plupart des nervures terminées dans les dents marginales.

ÉTAMINE. — *Filet.* — Poils épidermiques nombreux sur la face externe, parenchyme prismatique entourant un faisceau central concentrique.

Anthère. — Épiderme tannifère. Parenchyme mécanique normal avec épaississement en U vers la ligne de déhiscence, spiralés dans le reste du connectif lignifié.

Pollen. — Grains ellipsoïdes, aplatis suivant la direction des deux axes se rapprochant par conséquent de la forme cylindrique.

OVAIRE. — Paroi ovarienne : Épiderme typique. Sur la face externe poils courts, peu abondants. Parenchyme prismatique mince sur trois assises, les sous-épidermiques tannifères.

Style. — Structure normale. Épiderme à parois externe épaisse, parenchyme externe mince, cinq faisceaux libéro-ligneux réduits et parenchyme conducteur autour du canal stylaire.

Placenta en forme de cône surbassé et à bord inférieur relevé, Parenchyme polyédrique et prismatique à cellules disposées en files verticales à la base, se recourbant vers les ovules dans la portion ovulifère.

Ovules volumineux et en petit nombre, structure normale, deux téguments, nucelle volumineux, réduit très tôt à un grand sac embryonnaire.

---

18. — NAUMBURGIA Mönch.

Une espèce poussant sur les bords des fossés de l'Europe centrale et méridionale, du Japon et de l'Amérique du Nord.

N. thyrsiflora Mönch.

RACINE LATÉRALE. — Écorce persistante, formée de cellules toutes sériées radialement, sauf celles de l'assise externe ; assise pilifère, assise subéreuse et endoderme normaux. Système conducteur dont les quatre lames ligneuses primaires et les vaisseaux secondaires compris entre elles forment un massif central à quatre arêtes. Liber en quatre faisceaux distincts. Péricycle recloisonné tangentiellement devant les pointements ligneux.

TIGE. — La structure de la tige est semblable à celle du *Lysimachia Ephemerum*, si on compare des régions homologues de ces deux plantes.

Parenchyme cortical légèrement collenchymateux sous l'épiderme, creusé d'un cercle de grandes lacunes verticales, en fuseau comme celles de l'*Hottonia palustris*; endoderme subérifié. — Système conducteur à section elliptique, le grand axe de l'ellipse étant dans le plan des feuilles du nœud suivant. Péricycle épais, lignifié.

Liber en bandes aplaties, inégales et inégalement distantes, séparées les unes des autres par du sclérenchyme. Bois présentant un grand nombre de pointements primaires, riches en fibres primitives à la face interne des vaisseaux ; couronne continue de bois secondaire formée de vaisseaux et de parenchyme ligneux.

Moelle homogène, légèrement collenchymateuse, creusée de quelques lacunes.

FEUILLES. — Épiderme nettement bifacial ; à la face interne dépourvue de stomates et de poils, cellules polygonales vues de face ; à la face externe, contours curvilignes légèrement sinueux; stomates abondants; diversements orientés; poils courts peu abondants.

Mésophylle bifacial : une assise de cellules palissadiques et environ trois assises de cellules rameuses. Au milieu du parenchyme poches remplies du substance brune à structure radiée.

Nervure médiane : trois arcs libéro-ligneux, un médian, le plus volumineux atteignant le sommet et deux latéraux sur lesquels s'insèrent les nervures de second ordre.

PÉDONCULE FLORAL. — Section irrégulièrement circulaire.

Écorce épaisse parenchymateuse homogène; endoderme à cadre subérifié. Péricycle mince, sclérifié. Six faisceaux libéro-ligneux. moelle étroite à cellules périphériques parfois lignifiées, de même celles des rayons-médullaires.

CALICE. — Cellules épidermiques à contours ondulés, papilleuses, beaucoup plus volumineuses à la face externe qu'à la face interne.

Parenchyme compact et prismatique à la base, devenant rameux et fortement chlorophyllien dans la partie supérieure où il forme de petites émergences.

Une nervure médiane non ramifiée, atteignant le sommet.

COROLLE. — Cellules épidermiques prismatiques à la base finement ondulées et très allongées dans la portion libre du pétale.

Parenchyme réduit à deux assises de cellules tabulaires légèrement rameuses dans le plan du limbe. Système conducteur réduit à la nervure médiane.

ÉTAMINE. — *Anthère.* — Cellules épidermiques sinueuses de face, à cuticule fortement striée. Parenchyme mécanique à épaississement en U. Faisceau concentrique.

Pollen en grains ellipsoïdes, ponctués.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Épiderme bifacial; à la face externe, cellules polygonales isodiamétriques; à la face interne cellules très allongées et étroites. Ni stomates ni poils. Mésophylle parenchymateux homogène, parsemé de poches sécrétrices.

Cinq faisceaux collatéraux, très rapprochés de l'épiderme interne, liber en arc enveloppant latéralement le bois, très réduit.

Style légèrement évasé au sommet. Structure typique (Voy. *Lysimachia Ephemerum*).

Placenta. — Pédicelle: cinq faisceaux *concentriques ou inverses*; parenchyme prismatique peu abondant; épiderme présentant de nombreux poils courts et larges. Région ovulifère : parenchyme prismatique homogène, cinq faisceaux concentriques ou collatéraux inverses, cellules épidermiques tabulaires.

Ovule. — Structure typique (Voy. *L. Ephemerum*).

Graine. — Tégument externe : assise périphérique formée de cellules prolongées en papilles très longues, accolées et par suite prismatiques, parois minces, subérifiées et striées; le reste comme *L. Ephemerum.*

---

19. — TRIENTALIS L.

Deux espèces. *T. europæa* L. disséminé dans l'Europe septentrionale, la Sibérie, la Mandchourie, le Japon, l'Amérique du Nord (N.-O.) et *T. americana* Pursch, sur le versant atlantique de l'Amérique du Nord, dans les lieux tourbeux.

Racine. — *Racine principale.* — A la germination diamètre beaucoup moindre que dans les genres voisins. Assise pilifère persistante, épaississant un peu les parois externes de ses cellules. Parenchyme cortical comprenant quatre assises de cellules sériées radialement, sauf celles de l'assise subéreuse. Cylindre central très étroit, péricycle unisérié, mince, lame ligneuse bipolaire, à différenciation lente ; liber primaire très réduit.

Racines latérales. — Structure normale; cylindre central 3, 4-polaire sans ou avec très peu de productions secondaires, lames ligneuses primaires épatées contre le péricycle, cordons libériens étroits étirés tangentiellement. Moelle réduite ou faisant défaut par suite de la différenciation vasculaire complète du méristème central.

Hypocotyle. — Structure typique. Épiderme avec stomates et poils tri-cellulaires, courts, cellule terminale divisée. Parenchyme cortical homogène, formé de cellules cylindriques bourrées d'amidon, plus volumineuses dans la zone moyenne ; endoderme nor-

mal. Cylindre central très étroit, péricycle unisérié mince ; lame ligneuse primaire formée d'un petit nombre de vaisseaux à large diamètre ; liber primaire très réduit, pas de bois et liber secondaires au stade plantule.

TIGE. — *Rhizome.* — Épiderme prismatique avec stomates et poils tri-cellulaires en petit nombre. Écorce et moelle constituées par un parenchyme prismatique, bourré d'amidon. Système conducteur en couronne continue. Péricycle comprenant deux à quatre assises de fibres primitives, partiellement lignifiées. Liber formé d'une couronne d'îlôts criblés. Bois en couronne discontinue dont les lames ligneuses ne se trouvent pas toujours en faces des îlots libériens.

Tige aérienne. — Épiderme avec stomates et poils peu abondants. Parenchyme cortical mince, légèrement tannifère à zone interne sériée radialement. Système conducteur constitué par un péricycle prosenchymateux, épais et trois, quatre bandes libéro-ligneuses presque contiguës diminuant d'épaisseur du milieu vers les bords.

FEUILLE. — *Pétiole.* — Section plan-convexe, un peu relevée vers les bords. Épiderme avec quelques poils, sans stomates. Parenchyme à cellules volumineuses, chlorophylliennes vers l'extérieur. Système conducteur en arc très étalé, vaisseaux ligneux en files radiales séparées par plusieurs files de cellules, qui ultérieurement peuvent se différencier en vaisseaux, de manière à donner quelquefois un arc ligneux continu.

Limbe. — Épiderme ondulé, surtout à la face externe où seulement il y a des stomates ; poils rares.

Mésophylle à peine bifacial, cellules toutes plus ou moins tabulaires, celles de l'unique assise palissadique à peine plus longues que larges ; environ trois assises de cellules rameuses.

Nervure médiane à section elliptique : plusieurs assises de fibres lignifiées péridesmiques s'engageant entre les îlots de tissu criblé ; vaisseaux du bois en files radiales avec parenchyme conducteur interposé.

L'ensemble de la nervation est semblable à celle du *Lysimachia vulgaris.*

PÉDONCULE FLORAL. — Épiderme à stomates et poils peu abondants. Parenchyme cortical et médullaire très étroit. Couronne libéro-ligneuse comprenant un péricycle prosenchymateux épais, et des lames libéro-ligneuses mal définies dans lesquelles les vaisseaux ligneux ne correspondent pas toujours aux groupes d'éléments criblés.

CALICE. — Cellules allongées dans le sens de la nervure médiane, à parois ondulées, prolongées en papilles courtes, plusieurs pour

chaque cellule; stomates nombreux. Cuticule fortement striée. — Parenchyme prismatique homogène, sclérifié autour des nervures marginales. — Nervure médiane et deux nervures latérales non ramifiées.

COROLLE. — Cellules épidermiques prismatiques à la base, à contours ondulés et papilleuses dans la région supérieure. Poils tricellulaires, longs à la base.

Parenchyme mince, rameux dans le plan du limbe.

ÉTAMINE. — *Filet.* — Structure normale, parenchyme prismatique compact très réduit et faisceau concentrique étroit.

Anthère. — Épiderme à cellules ondulées, cuticule fortement striée. Parenchyme mécanique à épaississements en U ou spiralés, sur une assise en dehors de la région du connectif où il est plus abondant, entourant le faisceau concentrique peu développé.

Pollen. — Forme caractéristique, grains tétraédriques ($n = 25\,\mu$ en moyenne à trois plis méridiens munis de trois pores en leur milieu, surface finement ponctuée (fig. 24).

20. — APOCORIS Bunge.

Une espèce du Nord de la Chine

A. pentapetala Bunge.

RACINE. — *Racines adventives.* — Parenchyme cortical amylifère, sérié radialement dans la zone interne. Cylindre central à quatre, cinq lames ligneuses primaires complètement entourées par un sclérenchyme et par des vaisseaux de seconde formation, médullaires, et par les amas de bois secondaires développés entre elles; liber primaire en couronne continue, mince.

TIGE. — Dans les entre-nœuds inférieurs, écorce et moelle très minces, système conducteur en couronne continue, à bois très épais; sous la grappe de fleurs terminales écorce et moelle relativement plus développées, péricycle prosenchymateux continu et tissu criblé et vasculaire groupés en faisceaux libéro-ligneux distincts.

FEUILLE. — Épiderme nettement bifacial, stomates sur la face externe seulement où les cellules sont fortement ondulées; poils courts, abondants. — Mésophylle bifacial; une assise de cellules palissadiques étroites et longues; parenchyme rameux très lacunaire diminuant d'épaisseur de la base au sommet et de la nervure médiane aux bords. — Nervure médiane étalée en arc de faible courbure présentant la structure que nous avons mentionnée pour le *Trien-*

talis europea L., sauf la lignification des fibres péricycliques externes qui fait défaut ici.

Pédoncule floral. — Type *Lysimachia*. Cellules épidermiques prismatiques, poils courts nombreux, quelques stomates. — Écorce parenchymateuse épaisse, sériée radialement, sauf l'assise externe. — Péricycle non lignifié, liber et bois en couronne continue, le bois pouvant cependant être formé de deux arcs opposés. A la base du réceptacle floral, dix faisceaux à parcours typique.

Calice. — Épiderme bifacial, à cellules plus ondulées sur la face externe que sur l'interne, dépourvue de stomates et à poils rares, surtout marginaux, tandis que les stomates et poils abondent sur la face externe. Mésophylle : parenchyme prismatique à la base devenant légèrement lacuneux vers le sommet.

Nervure médiane adossée à la base à une *bande de sclérenchyme*, liber en fer à cheval entourant presque complètement le bois peu abondant; nervures latérales sans sclérenchyme.

Corolle. — Cellules épidermiques prismatiques à la base, allongées et à contours sinueux dans la portion étalée où *chaque cellule porte plusieurs papilles courtes*; stomates très rares et poils à la base des pétales. Parenchyme comprenant deux assises de cellules aplaties, rameuses dans le plan du limbe.

Étamine. — *Filet*. — Poils nombreux à la base sur la face interne. — Parenchyme prismatique compact et faisceau central concentrique.

Anthère. — Épiderme ondulé, légèrement papilleux et pilifère. — Parenchyme mécanique à épaississements en U tout autour des sacs polliniques et dans l'assise sous-épidermique seulement; au milieu de l'anthère dans la région du connectif quelques cellules à épaississements spiralés.

Pollen en grains ellipsoïdes réguliers ponctués.

Ovaire.—*Paroi ovarienne*.—Ni stomates ni poils. Épiderme interne à paroi épaissie du côté du placenta. Mésophylle prismatique, très mince, deux, trois assises. Pendant la fructification l'épiderme interne lignifie fortement ses parois épaissies surtout au sommet, suivant un anneau qui correspond à un sillon circulaire à la base du style.

Style. — Extrémité stigmatique constituée par des papilles épidermiques, dont les stries cuticulaires sont remarquablement ondulées et parallèles.

Placenta. — Dans le pédicelle cinq faisceaux collatéraux inverses se prolongeant dans la région ovulifère jusqu'à mi-hauteur, où ils s'étalent en crosse courte.

Ovules peu nombreux trois, quatre très gros par rapport à la hauteur de la cavité ovarienne, structure typique.

Graine : structure typique, cellules externes invaginées, albumen riche en aleurone à grains très distincts.

21. — ASTEROLINUM Link et Otto.

Deux espèces. *A, stellatum* dans la région méditerranéenne et *A. Adoënse* Kunze et Abyssinie.

A; stellatum Link et Otto.

Racine. — *Racine principale.* — Structure binaire normale. Dans une plante adulte, écorce exfoliée jusqu'à l'endoderme. Couronne de liber secondaire très mince, riche en cellules tannifères. Bois secondaire occupant presque toute la masse du cylindre central, uniquement composé de vaisseaux disposés en séries radiales régulières, séparé de la lame ligneuse primaire bipolaire par une assise de parenchyme.

Tige. — A la base de la tige principale adulte, écorce exfoliée jusqu'à l'endoderme, section transversale carrée, arrondie aux angles. — Système conducteur en couronne continue : péricycle mince non lignifié, tissu criblé mince, tannifère. Bois en deux bandes opposées, chacune ayant vers son milieu trois pointements primitifs, le pointement médian représentant la trace foliaire de la feuille supérieure, les pointements latéraux représentant les faisceaux caulinaires proprement dits.

Dans les entre-nœuds supérieurs, la section transversale présente quatre faisceaux libéro-ligneux distincts, alternes avec l'insertion des feuilles, la trace foliaire ne parcourt plus un entre-nœud entier, de même les faisceaux des rameaux de deuxième ordre ; ils s'insèrent directement sur les quatre faisceaux. Cette structure est à rapprocher de celle des *Anagallis*.

Parenchyme cortical mince prismatique ou cylindrique, chlorophyllien et amylifère. Épiderme avec poils courts, abondants. Moelle parenchymateuse homogène.

Feuille. — Épiderme à cellules allongées, légèrement sinuées avec stomates et poils. Mésophylle à structure variable, compact sous l'épiderme interne, lacuneux vers l'épiderme externe avec tendance à la formation de tissu palissadique soit sur la face interne, soit même sous les deux faces.

A la face interne de la nervure médiane appliqué contre le bois *un faisceau de sclérenchyme caractéristique* différencié dès l'origine.

Contrairement à ce qu'affirme M. de Kamienski, la structure de la feuille est donc différente de celle *Anagallis cœrulea*.

Pédoncule floral. — Structure différente du type *Lysimachia* : deux faisceaux libéro-ligneux seulement dans la région moyenne. Cellules épidermiques volumineuses à parois externes épaissies, stomates et poils clairsemés. Parenchyme cortical chlorophyllien ne comprenant que deux assises de cellules. Péricycle bisérié, cellulosique au moment de l'anthèse, fortement épaissi et lignifié pendant la fructification; deux faisceaux libéro-ligneux déterminant la forme elliptique de la section. Moelle ne comprenant que quelques cellules.

Calice. — Cellules épidermiques comme dans la feuille, quelques-unes tannifères, celles des bords volumineuses, formant des denticules, *stomates à la face interne seulement* ; poils courts. Mésophylle hétérogène très lacuneux à la base, palissadique à la face interne, avec tendance à la structure centrique vers le sommet. Système conducteur : nervure médiane présentant de chaque côté deux ramifications ; pas de nervures marginales. Nervure médiane à section en ellipse à grand axe tangentiel, liber normal, bois en bande tangentielle. A la face interne de la nervure médiane, faisceau de sclérenchyme.

Corolle. — Épiderme prismatique à la base, cellules à parois ondulées vers le sommet. Poils bicellulaires courts, cellules terminales sphériques, à la face interne. — Parenchyme prismatique, lacuneux, réduit à deux assises de cellules. Système conducteur : dans le tube dix faisceaux ; dans chaque limbe une nervure médiane et deux nervures marginales, non ramifiées.

Étamine. — *Filet.* — Section plan convexe ; épiderme à cellules plus volumineuses que dans les genres voisins. Parenchyme prismatique très mince entourant un faisceau concentrique dont le liber peut se développer inégalement de manière à donner, tantôt un faisceau collatéral normal, tantôt un faisceau inverse.

Pollen. — Grains ellipsoïdes à trois plis méridiens, surface ponctuée.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Épiderme bifacial, les cellules de l'épiderme interne très étroites et étirées radialement; ni stomates ni poils; épiderme externe tannifère. Parenchyme prismatique très mince à cellules étirées tangentiellement; cinq faisceaux libéro-ligneux, très réduits. A la fructification les cellules épidermiques basilaires internes sont très épaissies, de même que l'assise sous-épidermique interne, dont les parties non épaissies de la membrane sont en boutonnières étroites, toutes parallèles et horizontales.

Placenta. — Peu volumineux, région ovulifère trilobée par suite de l'enchâssement de trois ovules. Parenchyme riche en amidon et tannin; cordon libéro-ligneux central dans lequel les vaisseaux

forment des îlots périphériques ; les éléments criblés sont disséminés dans toute la masse.

Dans le pédicelle trois faisceaux libéro-ligneux inverses qui se fusionnent plus haut en un cylindre libéro-ligneux plein.

Ovule. — Structure typique (Voy. *Lysimachia Ephemerum*).

C'est ici que l'on peut faire valoir l'importance des caractères de l'ovule. Tous les organes se réduisent, l'ovule reste immuable.

GRAINE. — Structure normale également bitégumentée, oxalifère dans l'assise sous-épidermique.

Albumen légèrement collenchymateux, contenu huileux et aleurique. Embryon composé d'une partie cylindrique terminée d'un côté par un sommet végétatif de racine, de l'autre par deux cotylédons très courts appliqués l'un contre l'autre comprenant entre eux à leur base un renflement à surface uniformément courbe. Toutes les cellules sont remplies d'huile et en voie de cloisonnement; colonne centrale de méristème vasculaire se dédoublant sous les cotylédons

22. — PELLETERIA St. Hilaire.

Deux espèces. *P. trinum* Pax de l'Amérique du Sud extratropicale et des Canaries et *P. verna* St. Hil du Brésil.

P. trinum Pax.

Racine principale: système conducteur à lame ligneuse primaire diamétrale, entourée complètement par un cylindre compact de bois secondaire formé de vaisseaux et de parenchyme lignifié, couronne continue et très mince de tissu criblé, parfois interrompue, le bois venant alors directement en contact avec le péricycle.

TIGE. — *Hypocotyle.* — Structure identique à celle de la racine en ce qui concerne le cylindre central. Parenchyme cortical très mince.

Tige principale. — A la base, sauf l'absence de bois primaire centripète et l'apparition du parenchyme médullaire, l'épiderme, l'écorce et le cylindre central sont en continuité directe avec les mêmes régions de l'hypocotyle.

Dans la portion feuillée les pointements ligneux primitifs au nombre de six deviennent très distincts. Tous les vaisseaux sont groupés suivant deux arcs d'ellipse, réunis par du parenchyme sclérifié, le liber ne forme pas toujours une couronne continue, il est interrompu alors par deux arcs sclérenchymateux accolés aux arcs vasculaires. Moelle parenchymateuse se sclérifiant à l'insertion des ramifications de la tige et à la périphérie en dehors des pointements primitifs dans les régions âgées.

Les tiges d'ordre plus élevé ont la même structure avec un nombre d éléments histologiques moindre, suivant leur diamètre et leur âge relatif.

FEUILLE. — Épiderme bifacial avec stomates à la face interne seulement où les cellules sont beaucoup plus sinuées qu'à la face externe. Poils tri-cellulaires courts, à cellule terminale divisée ; cellules marginales en escalier (fig. 80).

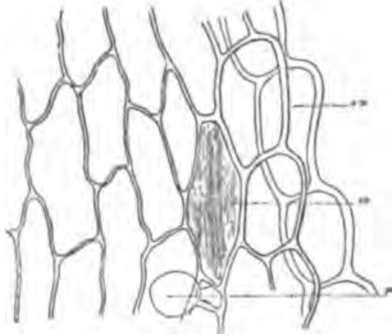


Fig. 80. — *Pelletiera trinum*. Feuille épiderme inférieur : *cm*, cellules épidermiques en escalier; stries cuticulaires.

Mésophylle à structure bifaciale très peu accusée, l'assise sous-épidermique interne n'ayant qu'une tendance faible, à la disposition palissadique; chambres sous-stomatiques volumineuses ; le reste du parenchyme est peu rameux.

Nervure médiane à section ovalaire et structure normale. Devant le bois, un cordon de sclérenchyme très constant comme dans le genre *Asterolinum* (fig. 81).

PÉDONCULE FLORAL. — Épiderme à cellules volumineuses, stomates et poils. Parenchyme cortical formé de cellules cylindriques, se lignifiant dans la zone interne à la fructification. Système conducteur comprenant deux faisceaux libéro-ligneux opposés aux extrémités du grand axe de l'ellipse que forme le cylindre central en section transversale.

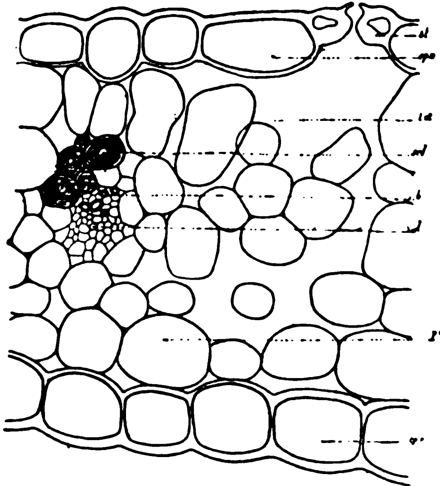


Fig. 81. — *Pelletiera trinum*. Coupe transversale du limbe foliaire dans la région de la nervure médiane.

Un anneau scléreux enveloppe les deux faisceaux à la fructification. Moelle réduite à quelques cellules.

CALICE. — *Sépales*. — Cellules épidermiques plus volumineuses à

la face externe qu'à la face interne ; toutes allongées dans le sens de la nervure médiane à contours rectilignes, parsemées de cellules tannifères. Stomates abondants à la face interne. Poils tri-cellulaires courts disséminés.

Parenchyme lacuneux formé par des cellules cylindriques plus ou moins dissociées à la base, légèrement rameuses et plus petites vers le sommet.

Tout le long de la nervure médiane entre le bois et l'épiderme, le parenchyme est fortement sclérifié et les cellules épidermiques correspondantes ont leurs parois très épaissies.

Nervure médiane entourée par une *gaine* unisériée de *sclérenchyme.*

COROLLE très réduite, la partie supérieure atteignant environ l'extrémité du filet. Cellules épidermiques à contours rectilignes ou légèrement ondulés. Poils courts très nombreux à la face interne vers la base. Parenchyme à cellules prismatiques, plus épais un peu au-dessus de l'insertion de la corolle que vers le sommet.

ÉTAMINE. — Filet grêle très allongé, inséré à la partie externe de l'anthère aussi large que longue.

Anthère. — Épiderme : cellules à contours ondulés. Parenchyme mécanique à épaississements en U très serrés. Faisceau concentrique.

PISTIL. — Paroi ovarienne très mince. Cellules épidermiques, allongées et terminées en biseau aux deux extrémités à la face interne, isodiamétriques à la face externe.

Parenchyme comprenant deux assises prismatiques courtes.

Style cylindrique un peu rétréci à l'extrémité stigmatique où les cellules épidermiques sont à peine papilleuses.

OVULE. — L'extrémité micropylaire est prolongée en un bec qui s'écarte du placenta, ce qui permet de penser que le tube pollinique pour arriver à l'ovule doit progresser à la surface du placenta, puis de l'ovule.

23. — GLAUX L.

Une espèce venant dans les terrains salés.

G. maritima L.

RACINE. — *R. principale.* — Structure primaire du type binaire ; en raison de la fugacité de cette racine, productions libéro-ligneuses secondaires peu abondantes ; radicelles à structure également binaire.

Racines latérales. — Structure normale. Écorce primaire épaisse,

persistante. Cylindre central à *productions libéro-ligneuses très développées*, les vaisseaux secondaires remplissant l'espace compris entre les quatre lames ligneuses primaires, mais ne dépassant pas le centre de développement de celles-ci. Liber secondaire en couronne continue, mince. Les radicelles ont un système conducteur bipolaire.

Hypocotyle. — Sauf l'épiderme qui prend les caractères d'un épiderme de tige, l'anatomie de l'hypocotyle est identique à celle de la racine principale, à sa base, avec un plus grand développement du bois et du liber secondaires.

TIGE. — Les tiges des différents ordres ont la même anatomie générale si on les étudie dans des entre-nœuds âgés.

Épiderme avec stomates et poils courts à extrémité discoïde pluricellulaire. Écorce lacuneuse, épaisse très tannifère, endoderme cloisonné radialement. — Couronne libéro-ligneuse continue à section elliptique. Péricycle à trois, cinq rangs de fibres primitives lignifiées ou cellulosiques. Tissu criblé disposé en bandes radiales séparées par des bandes plus étroites de parenchyme conducteur, dans les entre-nœuds très âgés, ou en couronne continue normale, quelquefois lignifiée dans la région externe. Bois épais, disposé en zones annuelles très marquées, à huit pointements primitifs dans les portions feuillées, correspondant à quatre faisceaux distincts foliaires et quatre caulinaires. Sommet végétatif montrant en coupe longitudinale, trois groupes de cellules histogènes ; à la surface l'assise dermatogène, puis une assise formée de cellules allongées perpendiculairement à la surface, se continuant dans les plus jeunes mamelons foliaires et au centre un massif méristématique polyédrique que l'on peut considérer comme le méristème propre de la tige ou plutôt celui qui donnera naissance à la moelle.

Dans les stolons : épiderme à stomates et poils très rares ; parenchyme cortical très épais, très amylifère ; cellules à parois épaisses sur toute la largeur de l'écorce. Péricycle scléreux bi- ou trisérié ; tissu criblé en anneau continu ; bois en deux arcs demi-elliptiques ; moelle très réduite, partiellement sclérifiée.

FEUILLE. — Outre les feuilles végétatives normales, *Glaux maritima* présente des feuilles bractéiformes sur les rhizomes ou les portions basilaires des tiges rampantes ou dressées.

Feuille normale. — Épiderme avec cellules ondulées, stomates et *poils enfoncés*. Mésophylle bifacial avec *tendance au type centrique*, tissu palissadique augmentant d'épaisseur de la base au sommet et débordant graduellement sur la face externe. Parenchyme rameux, très lacuneux sous l'épiderme externe. Nervure médiane à section elliptique, fibres primitives non différenciées, abondantes à

la face interne du bois dont les vaisseaux sont disposés en éventail et entremêlés de parenchyme conducteur ; quelques *fibres primitives externes lignifiées.*

Feuille bractéiforme. — Épiderme à cellules prismatiques, poils et stomates peu abondants. — Mésophylle homogène formé de cellules prismatiques. — Nervure médiane flabelliforme, en section transversale.

Pédoncule floral. — Épiderme avec stomates et poils. — Écorce épaisse, collenchymateuse sous l'épiderme, sériée radialement dans la zone interne. Péricycle continu ; à la base, deux arcs libéro-ligneux opposés, contigus, formant bientôt une couronne continue. Sous la fleur, les éléments libéro-ligneux se groupent en cinq faisceaux qui divergent et deviennent les cinq nervures médianes du calice. *Les faisceaux staminaux s'insèrent sur les faisceaux sépalaires dans le réceptacle floral et les faisceaux placentaires sur les faisceaux staminaux.* Par suite de l'absence de la corolle, le parcours des faisceaux dans le réceptacle floral est donc différent de ce que nous avons décrit dans les autres genres.

Calice. — Épiderme à cellules prismatiques devenant ondulées au sommet où les stomates sont très abondants ; poils nombreux. Mésophylle, lacuneux surtout vers le sommet où les cellules sont très rameuses. — Nervure médiane ayant la même structure que celle de la feuille.

Étamine. — *Filet.* — Épiderme et parenchyme formés de cellules prismatiques régulières. Faisceau central à structure concentrique.

Anthère. — Cellules épidermiques prismatiques allongées ; petit nombre de poils courts. Parenchyme mécanique envahissant tout le connectif au-dessus de la terminaison du faisceau ; épaississements en U ouverts vers l'extérieur, et épaississements spiralés, les premiers localisés autour de la ligne de déhiscence.

Pollen. — Grains ellipsoïdes, trois plis méridiens ayant trois pores en leur milieu.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Épiderme bifacial typique (V. *Primula sinensis*). A la face interne, cellules étroites, allongées, à section transversale étirée radialement. Poils courts, enfoncés, à la face externe. Parenchyme prismatique plus épais au sommet de l'ovaire et dans la région des faisceaux, qu'à la base et entre les faisceaux ; faisceaux au nombre de cinq, quelquefois quatre, liber enveloppant partiellement le bois du côté externe.

Style. — Épiderme à cellules prismatiques présentant quelques rares poils enfoncés ; au sommet, papilles stigmatiques constituées par des prolongements en doigt de gant des cellules épidermiques.

Parenchyme diminuant d'épaisseur de la base au sommet, différencié en parenchyme conducteur, riche en protoplasme à la face interne du cercle des cinq faisceaux conducteurs. Parenchyme externe très mince.

Les faisceaux conducteurs ont fréquemment une orientation mal déterminée.

Placenta. — Volume considérable par rapport à l'ensemble des ovules au nombre de quatre, cinq, enchâssés dans la masse du parenchyme, très lacuneux dans les espaces interovulaires, compact et amylifère dans la région centrale traversée par une *couronne libéro-ligneuse concentrique* provenant de la fusion des faisceaux insérés sur les faisceaux staminaux.

OVULE volumineux du type normal et très caractérisé ; deux téguments plus épais que dans les genres voisins renflés autour de leur micropyle, l'externe dépassant de beaucoup l'interne ; le premier composé de deux assises, de cellules ; le second de trois assises ; celle en contact avec le nucelle, épaissie sur les faces internes et radiales des cellules. Nucelle à sac embryonnaire fusiforme occupant toute la longueur de l'ovule.

GRAINE. — Bitégumentée, l'assise externe non papilleuse, la suivante oxalifère, les plus internes complètement écrasées. Albumen oléagineux et aleurique, parois cellulaires légèrement épaissies.

Embryon occupant dans la graine un volume relativement plus grand que ce que nous avons observé ailleurs.

24. ANAGALLIS.

Environ douze espèces en Europe, dans le Nord et le Sud de l'Afrique, l'Asie occidentale, l'Amérique du sud extratropicale.

SECTION I. — **Eu anagallis.**

A. cœrulea Lam.

RACINE. — Racine principale à structure binaire normale. En raison de la persistance de la racine principale, productions libéro-ligneuses abondantes masquant bientôt la lame ligneuse diamétrale bipolaire. Les ramifications de deuxième et troisième ordre forment un chevelu de radicelles à structure binaire, pauvre en productions secondaires. Il n'y a guère formation de racines latérales sur la tige.

TIGE. — Dans les entre-nœuds adultes, la tige principale et ses ramifications ont la même structure générale.

Épiderme avec stomates et poils; parenchyme chlorophyllien homogène avec endoderme subérifié, cloisonné radialement. Système conducteur en couronne continue présentant un péricycle unisérié cellulosique continu, quatre faisceaux libéro-ligneux situés en regard des angles de la tige et reliés entre eux, au milieu des nœuds, par une bande de tissu criblé et de sclérenchyme secondaire ponctué; moelle parenchymateuse homogène. Aux nœuds, la trace foliaire s'insère par deux faisceaux latéraux sur les faisceaux de la tige. Les vaisseaux primitifs de tous ces faisceaux sont disposés en files radiales tout à fait régulières, dénotant une origine cambiale secondaire.

FEUILLE. — A la base de la tige, les feuilles sont opposées, plus haut, alternes, rapprochées par deux, de forme ovale acuminée, à bord entier.

Pétiole. — Très réduit, sa longueur ne dépassant pas 1 millimètre. Section transversale demi-circulaire. Poils nombreux, tri-cellulaires capités, cellule terminale sphérique quelquefois en massue, parois cutinisées. Parenchyme normal différencié en gaine endodermique autour des faisceaux.

Système conducteur : trace foliaire unifasciculée, insérée sur les faisceaux de la tige par deux branches ; section demi-circulaire ; fibres primitives externes unisériées, interrompues fréquemment par des éléments criblés ; tissu criblé en bande mince, embrassant latéralement le bois, éléments par groupe de deux cellules ; un tube criblé à différenciation nacrée, une cellule compagne ; bois à section flabelliforme, files radiales de vaisseaux entremêlés d'un petit nombre de cellules parenchymateuses cambiformes, quelques fibres primitives internes.

Limbe. — Épiderme semblable sur les deux faces, les poils étant seulement plus nombreux sur la face externe, la face interne n'en ayant guère qu'à la base. Cellules épidermiques à parois radiales fortement sinueuses et épaissies aux courbures elliptiques ou rectangulaires, en sections transversales, relativement volumineuses, allongées radialement dans la région de la nervure médiane. Cellules de la face interne plus volumineuses, cellules marginales très grandes. Paroi externe épaissie. Cuticule mince, non striée. Stomates : très abondants et également distribués sur les deux faces, parfois légèrement proéminents, orientés dans le sens longitudinal; entourés par quatre, quelquefois cinq, rarement trois cellules; parois de l'ostiole épaissie sauf au rétrécissement médian. Poils tri-cellulaires capités, à cellule terminale sphérique simple ou surtout divisée radialement, nombreux sur la face externe.

Mésophylle à peine bifacial, comprenant quatre assises de cellules ; vers la face interne, une assise de cellules cylindriques à peine plus longues que larges, comprenant entre elles des méats abondants et des lacunes sous-stomatiques. Trois rangs de cellules rameuses, lacunes peu volumineuses, sauf sous les stomates. Chloroplastes ellipsoïdes peu serrés ; vers le sommet et les bords l'épaisseur diminue. Fréquemment il n'y a pas de cellules palissadiques ; gaine de parenchyme tannifère autour des faisceaux. Système conducteur comme dans les *Lysimachia*.

Pédoncule floral. — Type *Lysimachia Ephemerum*. — Épiderme à cellules volumineuses, paroi externe épaisse et très bombée. Parenchyme cortical chlorophyllien mince. Péricycle formé de un à deux rangs de fibres primitives lignifiées. Bien au-dessous de la fleur la section devient polygonale et l'appareil conducteur suit cette forme. Dans le réceptacle floral la couronne libéro-ligneuse se sépare en dix faisceaux dont cinq divergent rapidement pour devenir la nervure médiane des sépales. Les faisceaux sur le reste de leur parcours se comportent comme dans tous les cas observés précédemment.

Calice. — Cellules épidermiques allongées, sinueuses. Stomates abondants. Poils nombreux, surtout à la face externe ; vers les bords

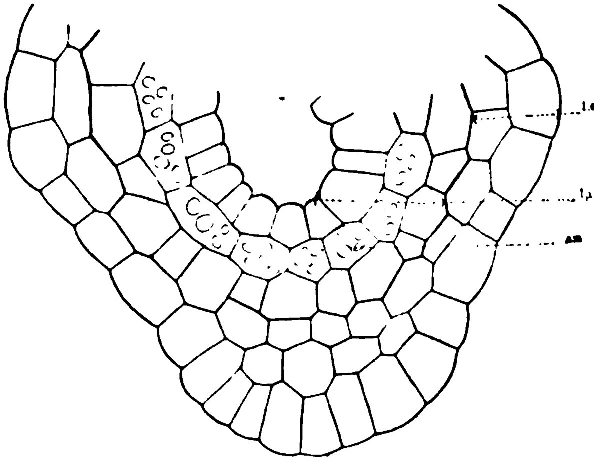


Fig. 82. — *Anagallis arvensis*. Coupe transversale des téguments de l'ovule (gr. = 400).

portion membraneuse constituée par les épidermes accolés. Mésophylle homogène, parenchyme rameux très chlorophyllien. Système

conducteur : nervure médiane et nervures marginales à ramifications parallèles.

Corolle. — Type *Lysimachia Ephemerum*.

Étamine. — *Filet*. — Structure typique normale. Épiderme présentant des poils unisériés pluricellulaires, très abondants.

Anthère. — Même structure que dans *Lysimachia*.

Pollen : grains ellipsoïdes.

Ovaire. — Paroi ovarienne. Épiderme typique ; poils courts nombreux à la face externe. Mésophylle mince, formé de deux assises de cellules prismatiques, riches en amidon dans l'assise interne.

Placenta. — La base de la région ovulifère est relevée en gouttière, recouvrant ainsi partiellement la portion inférieure des ovules voisins. Épiderme non caractérisé; parenchyme à cellules arrondies, amylifère dans les cellules périphériques d'abord, puis dans toute la masse. Faisceaux inverses, au nombre de cinq.

Ovule. — Structure typique ; assise cellulaire externe pauvre en protoplasme, tandis que les assises internes ont un gros noyau, un protoplasme dense et *des grains d'amidon volumineux* surtout dans l'assise moyenne du tégument interne, fait que nous observons là pour la première fois (fig. 82).

Graine : structure typique normale. (V. *Primula sinensis*).

Section II. — Jirasekia Schmidt.

A. tenella L.

Tige principale. — L'épiderme et l'écorce persistent durant toute la période végétative. Le système conducteur forme une couronne libéro-ligneuse continue diminuant d'épaisseur de la base au sommet, entourant une moelle très étroite dans les entre-nœuds inférieurs.

Épiderme : cellules prismatiques beaucoup plus longues que les cellules du parenchyme cortical. Stomates à parois très épaissies, légèrement proéminents. Poils tri-cellulaires courts, à cellule terminale divisée radialement.

Écorce : parenchyme homogène rempli d'amidon, parois minces. Cellules tannifères nombreuses dans la zone interne. Endoderme : cellules à section elliptique allongées tangentiellement, fortement épaissies sur les faces internes et radiales de la membrane primitive; section longitudinale deux fois plus longue que dans les cellules du parenchyme cortical avoisinantes. Grandes lacunes aérifères dans les régions nodales et cellules collenchymateuses à l'insertion des feuilles.

Système conducteur : 1° péricycle : une assise de fibres primitives à section elliptique, parois légèrement épaissies ; quelques-unes lignifiées éparses ; 2° tissu criblé : couronne continue de groupes d'éléments criblés et de parenchyme ; division des cellules procambiales en deux, trois, quatre cellules, l'une d'elles seulement devenant un tube criblé ; 3° bois : couronne continue, compacte, formée uniquement de vaisseaux à large diamètre, vaisseaux ponctués vers l'extérieur, spiralés vers l'intérieur. Quatre pointements ligneux primitifs dans le plan d'insertion des feuilles opposées.

Moelle : parenchymateuse très étroite à la base, plus large au sommet.

Anagallis cœrulea et *A. tenella* se comportent donc entre elles au point de vue du système conducteur comme *Lysimachia Nummularia* et *L. nemorum.*

FEUILLE. — *Pétiole.* — Section demi-circulaire concave à la face interne, trace foliaire unique enveloppée par un endoderme normal. Péricycle cellulosique unisérié, interrompu souvent par le tissu criblé très abondant qui enveloppe le bois sur ses faces latérales. Bois peu abondant séparé de l'endoderme par une assise de fibres primitives ; vaisseaux en files radiales et parenchyme abondant. *Limbe* : cellules épidermiques à contours curvilignes légèrement ondulés, deux ou trois fois plus grandes à la face externe qu'à la face interne. Stomates et poils comme dans *A. cœrulea.* Mésophylle à peine bifacial : une assise de cellules palissadiques peu allongées et très larges. Trois assises de parenchyme lacunaire peu rameux.

Nervation : comme *A. cœrulea.*

PÉDONCULE FLORAL. — Épiderme à stomates et poils semblables à ceux de la feuille. Écorce très épaisse (trois quarts du rayon total). Parenchyme chlorophyllien dans la zone externe, amylacé dans la zone interne. Endoderme différencié tardivement.

Système conducteur : péricyle unisérié se lignifiant pendant la fructification. Tissu criblé : couronne continue ou en bandes radiales. Bois : vaisseaux en files radiales, groupés en deux bandes opposées jusque vers le sommet. Au sommet du pédoncule floral ces files se groupent en dix faisceaux libéro-ligneux, cinq sépalaires, cinq pétalaires, sur lesquels viennent

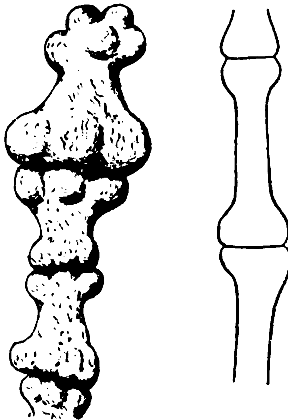


Fig. 83. — Poil staminal d'*Anagallis tenella.*

s'insérer dans le réceptacle floral les faisceaux placentaires. Le parenchyme externe, à grandes cellules, augmente d'épaisseur, la section devient pentagonale, les angles correspondent aux nervures médianes des sépales.

Le calice, la corolle, l'anthère, le pistil et le fruit ont la même structure que dans *A. cœrulea.* Le filet porte des poils de deux formes; 1° poils courts, tri-cellulaires capités; 2° poils longs unisériés, renflés aux cloisons transversales, les éminences de la paroi d'autant plus fortes qu'on approche du sommet (fig. 83). Faisceaux du placenta à bois généralement externe, quelquefois irrégulièrement orientés : tantôt latéralement, tantôt vers l'intérieur.

25. — CENTUNCULUS L.

Trois espèces dans les contrées tempérées et chaudes du globe.

C. minimus L.

Racine latérale. — Structure binaire normale, écorce mince persistante, endoderme cloisonné radialement. Péricycle unisérié; tissu criblé en deux bandes étroites de chaque côté du massif ligneux central composé d'une lame ligneuse centrale et de vaisseaux secondaires en petit nombre.

Tige. — Épiderme à stomates abondants et poils courts.

Parenchyme cortical homogène, endoderme normal.

Système conducteur en couronne continue. Péricycle unisérié, partiellement lignifié; Liber très mince formé de fascicules d'éléments criblés séparés par des cellules parenchymateuses; bois fréquemment en contact avec le péricycle, huit pointements ligneux primitifs, quatre caulinaires, quatre foliaires.

FEUILLE. — Cellules épidermiques légèrement ondulées, stomates très abondants sur les deux faces. Poils courts, peu nombreux. Mésophylle bifacial; une assise de cellules palissadiques lâchement unies; sous chaque stomate une grande lacune. Parenchyme rameux peu lacuneux; autour des nervures une assise de parenchyme conducteur. Nervation du type *Lysimachia.* Nervure médiane à section elliptique à grand axe tangentiel; vaisseaux du bois disposés en files radiales séparées par des rayons de parenchyme conducteur.

PÉDONCULE FLORAL. — Système conducteur en couronne continue, péricycle très mince; liber formé par des bandes très inégales et inégalement reparties de tissu criblé; couronne ligneuse formée par des files radiales de vaisseaux entremêlées de sclérenchyme. Moelle

et écorce très réduites. Épiderme à stomates nombreux et poils tri-cellulaires courts.

Au sommet du pédoncule, la couronne se divise pour donner les cinq faisceaux sépalaires sur lesquels s'insèrent les pétalaires. Un peu plus haut les faisceaux placentaires viennent s'unir aux précé-

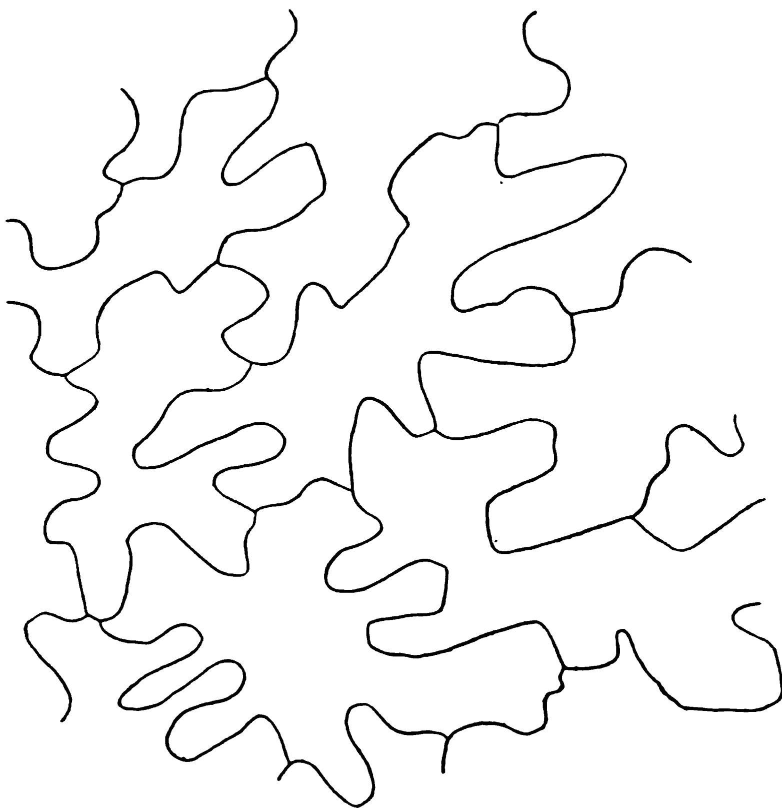


Fig. 84. — *Centunculus minimus*. Épiderme externe du fruit (gr. = 450).

dents. Les différentes pièces de la fleur ne renferment qu'une seule nervure médiane.

Calice. — Épiderme semblable à celui de la feuille. Parenchyme réduit à une assise de cellules en dehors de la région de la nervure médiane unique, ou accompagnée d'une ou deux nervures marginales.

Corolle. — Extrémité des pétales légèrement trilobé, cellules épidermiques non ondulées, quelques poils.

Étamine. — Anthère nettement dorsifixe et oscillante à structure typique normale.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Cellules *épidermiques ondulées sur les deux faces* (fig. 84). Mésophylle mince, formé de cellules prismatiques inégales, sur deux assises.

Dans le fruit la lignification atteint toutes les parois de l'épiderme interne. Ce phénomène se répète jusqu'à mi-hauteur dans le parenchyme à partir de la base du style.

Placenta. — Les ovules sont enfoncés dans la masse globuleuse pédicellée, qui présente par suite une section étoilée. Au centre sur un cercle quatre petits faisceaux inverses, entourés par un parenchyme bourré d'amidon.

Ovule. — Structure tout à fait typique, distincte, par conséquent, de celle des Anagallis par l'absence d'amidon dans l'assise moyenne du tégument interne.

Graine. — L'assise superficielle a ses cellules prolongées en papilles coniques striées à la surface. Albumen oléagineux, cellules polyédriques très régulières à parois minces.

26. — CYCLAMEN

Le genre Cyclamen renferme environ treize espèces disséminées, dans les basses montagnes en général de l'Europe moyenne et tout autour de la Méditerranée.

Il a été l'objet de nombreux travaux. M. Gressner a étudié la germination et le développement (*Bot. Zeitung*, Bd XXXII, 1874). Pour ce savant, le tubercule est l'équivalent morphologique de l'hypocotyle.

Tout récemment, M. Hildebrand a donné une étude morphologique de toutes les espèces du genre (1).

C. neapolitanum Tenore.

Racine principale. — Structure binaire normale.

Racine latérale. — Le nombre des lames ligneuses primaires varie avec le diamètre des racines. Le cylindre central est binaire comme dans la racine principale, dans les racines très étroites naissant sur le tubercule au moment de la germination; il est du type cinq à la base, du type trois vers le sommet des racines insérées sur le tubercule adulte; il y a passage de trois à cinq faisceaux par atrophie d'un cordon libérien. Au centre des parties âgées vaisseaux primaires de seconde formation.

(1) F. Hildebrand, *Die Gattung* Cyclamen, *eine systematische und biologisehe Monographie*. Iéna, 1898.

Tubercule. — Au moment où le tubercule sort de la graine il a une structure déjà complexe, mais relativement simple si on la compare à celle qu'il présente lorsqu'il a un diamètre horizontal de plusieurs centimètres.

Dans la partie inférieure se prolonge le faisceau conducteur bipolaire de la racine terminale. Les deux massifs libéro-ligneux secondaires de la racine principale se dédoublent à leur entrée dans le tubercule de manière à donner quatre faisceaux libéro-ligneux disposés sur un cercle et d'abord très rapprochés. Brusquement le cylindre central s'élargit par le cloisonnement rapide des cellules parenchymateuses entourant ces faisceaux. Un certain nombre de vaisseaux primaires s'unissent latéralement avec les faisceaux secondaires voisins, d'autres s'élèvent plus ou moins haut dans le tubercule, se terminent librement ou s'anastomosent comme les premiers. Les quatre faisceaux secondaires primitifs se divisent plusieurs fois dichotomiquement, leurs divisions se ramifient à mesure que le tubercule grossit, de telle sorte qu'une section transversale d'un tubercule âgé présente de la périphérie au centre : 1° un épiderme muni de poils, épiderme qui peut être remplacé par un liège d'origine corticale ; 2° une écorce parenchymateuse, riche en amidon, parsemée de cellules sécrétrices à contenu granuleux tannifère ; 3° un cylindre central comprenant un cercle de faisceaux libéro-ligneux d'autant plus abondants que le tubercule est plus âgé et un parenchyme amylifère très abondant dans la région péricyclique et médullaire.

Vers le sommet, les faisceaux libéro-ligneux se réunissent les uns aux autres, pour former successivement les traces foliaires.

Tige aérienne. — Parfois le bulbe des Cyclamens se prolonge en une tige cylindrique rhizomateuse portant des feuilles et des fleurs.

La structure de cette tige rappelle assez la structure de la tige de *Primula sinensis.*

Épiderme exfolié de bonne heure par le fonctionnement d'une assise génératrice subéro-phellodermique très active, débutant dans la région périphérique de l'écorce.

Liège. — Épais en cellules prismatiques tabulaires, parois minces.

Parenchyme secondaire d'épaisseur variable, formant parfois presque toute l'écorce, cellules tantôt disposées en files radiales, tantôt sans ordre bien apparent, à parois épaissies ponctuées à la face externe du système conducteur; endoderme normal.

Système conducteur : Les entre-nœuds sont très courts et sur une hauteur de quelques millimètres la disposition de l'appareil conducteur varie beaucoup comme le montrent les schema ci-contre (fig. 85), de coupes prises à environ un millimètre les unes des autres.

Tantôt couronne libéro-ligneuse continue (entre-nœuds les moins courts), tantôt bandes libéro-ligneuses disjointes, qui enlèvent à la tige toute symétrie axile. A la base, le bois forme une masse ligneuse centrale formée par les bandes accolées. Tout l'ensemble se divise

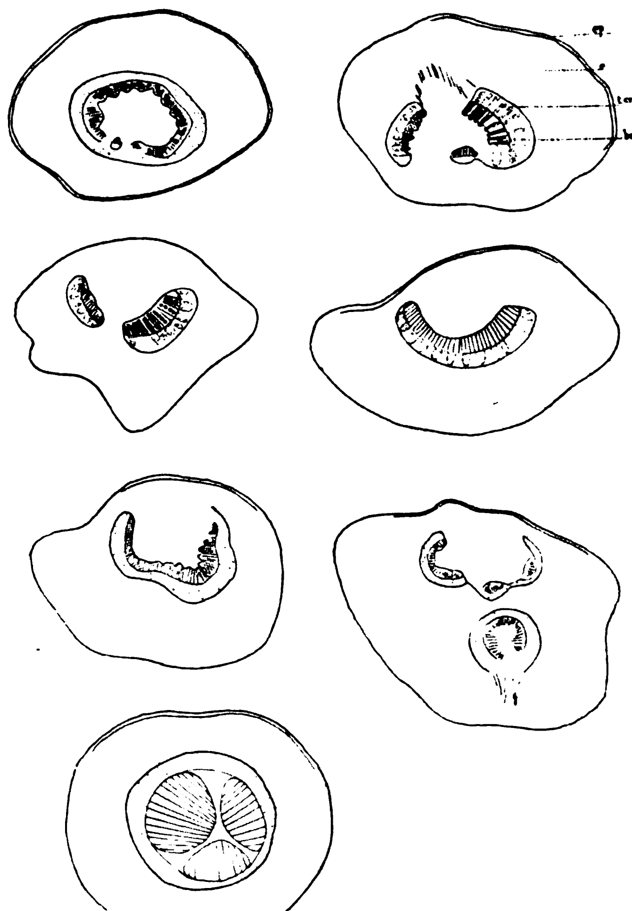


Fig. 85. — *Cyclamen africanum.* Tige aérienne série de sections transversales. *Ep*, épiderme ; *e*, écorce ; *t. cr*, tissu criblé ; *bo*, bois.

ensuite en faisceaux se disposant sur un cercle dans le tubercule. *Liber* : A la périphérie, fibres primitives collenchymatoïdes ponctuées comme dans *P. sinensis* Lindl. — Tissu criblé en bandes radiales, séparées par plusieurs files radiales de cellules cambiformes. Assise

génératrice épaisse. *Bois* de même épaisseur que le liber; files radiales régulières de vaisseaux annelés irrégulièrement interrompues par des cellules cambiformes. Parfois entre les bandes libéroligneuses, vaisseaux annelés tout à fait isolés.

Moelle définie en général, parenchyme à grandes cellules prismatiques ponctuées.

FEUILLE. — *Pétiole.* — Section presque circulaire vers le milieu. Cellules épidermiques à parois externes convexes et épaissies; stomates peu nombreux, fortement surélevés ainsi que les cellules environnantes.

Parenchyme collenchymateux sous l'épiderme, prismatique à peine chlorophyllien et amylifère.

Système conducteur à section en arc très courbé, les fibres primitives externes et le tissu criblé forment un arc externe au bois à section flabelliforme, des fibres lignifiées occupant le creux laissé par les vaisseaux internes. Cette manière d'être rappelle ce que nous avons mentionné pour le *Primula sinensis.*

Limbe. — Cellules épidermiques internes isodiamétriques à parois radiales rectilignes épaissies et ponctuées. Cuticule ornée de petites stries ondulées dirigées en tous sens, sauf autour des poils où les stries s'irradient autour de la cellule basilaire (fig. 36,1). Poils d'une seule forme, sécréteurs, courts à extrémité bicellulaire longue, parfois dédoublée. Cellules épidermiques externes fortement ondulées. Stomates nombreux à cellules annexes toujours distinctes; poils. Mésophylle bifacial : deux assises de palissades longues, et trois, quatre assises de cellules très rameuses. A la base du limbe cette différenciation du parenchyme n'existe pas en regard de la nervure médiane; sous l'épiderme le parenchyme formé de cellules plus ou moins cylindriques commence par une bande tangentielle de collenchyme.

PÉDONCULE FLORAL. — Structure anormale. Épiderme avec poils très abondants et quelques stomates. Parenchyme cortical chlorophyllien, collenchymateux sous l'épiderme, très épais, pas d'endoderme subérifié.

Péricycle cellulosique mince, *couronne de tissu criblé festonnée, pénétrant entre les faisceaux ligneux* au nombre de huit à dix vaisseaux en files radiales séparées par des cellules de parenchyme conducteur. Moelle parenchymateuse homogène.

A la base de la fleur les dix faisceaux divergent dans le parenchyme fondamental très abondant, cinq plus externes deviennent cinq nervures médianes des sépales, les cinq autres moins divergents deviennent les nervures médianes des pétales. Sur ceux-ci

s'insèrent à peu près au même niveau cinq faisceaux placentaires vers l'intérieur, et latéralement les deux nervures marginales des sépales.

Calice. — Épiderme à cellules allongées, contours rectilignes, stries cuticulaires ondulées, dirigées en tous sens, stomates et poils nombreux. Mésophylle très épais vers la nervure médiane, diminuant progressivement vers les bords formés d'un parenchyme chlorophyllien méatique, creusé de lacunes sous les stomates. Système conducteur comprenant pour chaque sépale un faisceau médian ramifié et deux nervures marginales; pas d'hydathodes. Nervure médiane à section flabelliforme, fibres primitives externes et tissu criblé en arc mince ; bois abondant au niveau de la séparation des sépales; vaisseaux en files radiales et quelques fibres primitives à leur face interne.

Corolle. — Cellules épidermiques allongées, prismatiques à la base et tout au sommet des pétales, ailleurs très allongées et très sinueuses ; stomates et poils rares.

Parenchyme plus abondant que dans les genres précédents.

Étamine. — *Filet*. — Structure typique normale, parenchyme collenchymatoïde; faisceau concentrique étalé tangentiellement, bois irrégulièrement développé, divisé parfois en deux massifs (fig. 22).

Anthère. — La surface présente de nombreuses émergences,

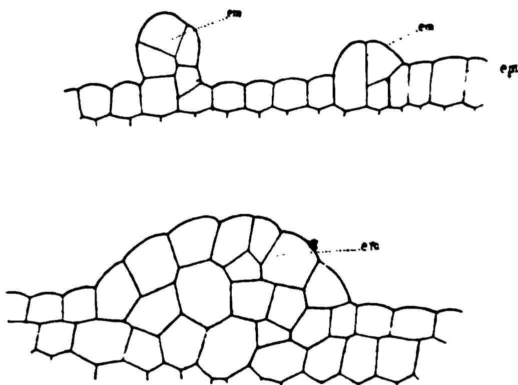


Fig. 86. — *Cyclamen repandum.* Anthère coupe transversale montrant le mode de formations des émergences : *ep*, épiderme; *em*, émergences.

formées par le cloisonnement de cellules épidermiques (fig. 86). Parenchyme cellulosique du connectif plus abondant que dans les autres genres. Parenchyme mécanique continu autour des sacs polliniques ; épaississements en U dans la région de déhiscence, spiralés ailleurs. Faisceau conducteur concentrique.

Pollen. — Grains ellipsoïdes aplatis aux extrémités du grand axe et suivant trois faces longitudinales.

Ovaire. — *Paroi ovarienne*. — Épiderme typique, cellules à cloisonnement continu. Parenchyme plus épais que dans les autres genres, surtout en regard des nervures. Entre les nervures six, sept assises de cellules au moment de l'anthèse, se divisant activement dans la région interne. Dix faisceaux collatéraux tardivement différenciés, le liber enveloppant partiellement le bois.

Placenta. — Faisceaux concentriques (7...) confluents, le liber formant une couronne de tissu criblé du côté interne où il est plus abondant que du côté externe.

Ovule. — Ovules très nombreux arrondis comme ceux du *Primula officinalis*, portés par un court funicule distinct, complètement enchassés dans le placenta. Même structure que l'ovule de *P. officinalis*, c'est-à-dire tégument interne multisérié.

27. — DODECATHEON L.

Cinq espèces propres aux régions tempérées montagneuses de l'Amérique du Nord et de la région du détroit de Behring en Asie.

D. Meadia L.

Racine principale. — Structure typique normale à cylindre central primaire très étroit.

Racine latérale. — Structure normale : Système conducteur tétrapolaire; lames ligneuses appuyées contre le péricycle unisérié, par trois, quatre vaisseaux.

Radicelles à structure binaire.

Hypocotyle. — Dans la région inférieure structure binaire normale, vers le milieu la lame ligneuse bipolaire se termine, les deux massifs secondaires s'écartent l'un de l'autre et se prolongent dans les cotylédons soudés en tube dans leur région pétiolaire.

Tige. — Structure anormale, que l'on peut rattacher au type du *Primula officinalis*.

Système conducteur formé de bandes libéro-ligneuses formant une couronne continue ou discontinue ; bandes tantôt étalées tangentiellement, tantôt étroites à section ovalaire ou circulaire.

Les lames étalées sont collatérales ou formées par une couronne libéro-ligneuse aplatie. Entre ces deux aspects se présentent tous les termes de passage suivant, que le bois et le liber interne sont plus ou moins développés.

Les cordons ovalaires ou arrondis sont collatéraux ou présentent une particularité remarquable. En certains points les branches du V que forment en section transversale les vaisseaux du bois se ferment de façon à emprisonner une partie du liber. Tout autour de ce liber s'établit un cambium fournissant du tissu criblé vers l'intérieur et des vaisseaux sur sa face externe. De même à la face interne du liber resté à l'extérieur des branches du V, un cambium produit également des éléments libéro-ligneux. Cette double formation du bois et du liber ne se présente qu'en regard des points ou s'insèrent des racines latérales. C'est là l'équivalent physiologique de ce qui se passe dans les Primevères qui, en dehors de leur système libéro-ligneux normal, en couronne continue possèdent un réseau radicifère.

D'ailleurs, s'il y a insertion de racines latérales en face des bandes collatérales ou concentriques étalées, celles-ci présentent le système conducteur surnuméraire bien développé. Au sommet les arcs conduteurs se rapprochent du centre en une couronne continue, puis de nouveau discontinue.

Dans les régions défeuillées un liège sous-épidermique mince

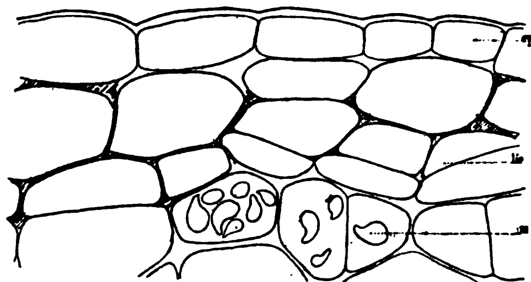


Fig. 87. — *Dodecatheon Meadia* L. Région périphérique de la tige pour montrer la formation du liège sous-épidermique.

occupe la périphérie (fig. 87). Il n'y a pas lieu de distinguer un parenchyme cortical et un parenchyme médullaire ; le parenchyme fondamental est formé de cellules plus ou moins cylindriques à parois épaissies, très riches en amidon.

FEUILLE. — *Cotylédon.* — Cellules épidermiques ondulées, stomates et poils courts abondants sur les deux faces. Mésophylle bifacial : deux assises de cellules palissadiques vers la face interne et parenchyme prismatique peu méatique à la face externe.

Nervure médiane à section ovalaire large, à liber très abondant.

Feuille. — Pétiole. — Section convexe-concave, large dans le sens

du plan de symétrie de la feuille, étroit dans le sens perpendiculaire. Parenchyme cylindrique à cellules très volumineuses, cellules tannifères éparses. Système conducteur semblable à celui des Cyclamens, ramifié dès la base.

Limbe. — Cellules ondulées volumineuses, stomates et poils courts sur les faces. Mésophylle à structure bifaciale moins indiquée à l'état adulte que pendant la formation de la feuille, par suite de l'énorme développement du système lacunaire. Une assise de cellules palissadiques, déjà rameuses et trois assises environ de cellules rameuses laissant entre elles de volumineuses lacunes.

Nervation semblable à celle du *Primula officinalis.* Les ramifications des nervures de second ordre forment un réseau très serré et des terminaisons libres. Il n'y a pas d'arcs marginaux, ce qui rapproche les Dodecathon des Primevères et les éloigne des Lysimaques. Nervure médiane à section elliptique, tout à la base. Fibres primitives externes et internes très abondantes ; liber enveloppant partiellement le bois sur ses faces latérales. Bois à vaisseaux rangés en fer à cheval ou en éventail.

Hampe florale. — Structure normale avec vingt à vingt-quatre faisceaux libéro-ligneux.

La hampe florale ainsi que les tiges de deuxième ordre s'insèrent sur la tige principale comme dans le genre *Primula.* L'insertion est toujours latérale et oblique. Entre les faisceaux de la hampe viennent souvent s'interposer des faisceaux foliaires.

Au sommet de la hampe les faisceaux s'étalent et se groupent en arcs libéro-ligneux correspondant aux différents pédoncules floraux. Ces arcs divergent inégalement et sortent suivant une ligne spiralée. Avant que le pédoncule se détache ils se divisent en faisceaux distincts; l'un d'eux, correspondant au milieu de l'arc, plus volumineux que les autres, va constituer la nervure médiane de la bractée florale.

Pédoncule floral. — Toutes les régions sont disposées comme dans la hampe, avec huit faisceaux étalés tangentiellement. Au sommet du pédoncule, deux de ces faisceaux se divisent ; les faisceaux libériens dépassent de beaucoup latéralement les faisceaux ligneux, puis à leur face interne des cellules cambiales produisent des vaisseaux qui élargissent ainsi la lame vasculaire.

Bractée florale. — Forme triangulaire, allongée et étroite. Cellules épidermiques à contours rectilignes, isodiamétriques ou légèrement allongées, curvilignes, légèrement ondulées à la face interne ; stomates volumineux ($A = 60\mu$ $a = 40\mu$) à la face interne seulement. Poils tri-cellulaires, capités, courts, épars.

Parenchyme prismatique à cellules très volumineuses ($D = 100\mu$). Nervure médiane très peu ramifiée, terminée en hydathode, à section circulaire, liber en îlots séparés par de grandes cellules parenchymateuses; bois formé de larges vaisseaux et de parenchyme.

Calice. — Cellules épidermiques semblables sur les deux faces allongées ou isodiamétriques ($D = 80\mu$) contours rectilignes, parois uniformément épaissies; cuticule à stries longitudinales parallèles fines et légèrement sinuées. Stomates volumineux, vers le sommet seulement, poils tri-cellulaires peu nombreux.

Parenchyme prismatique homogène à la base, rameux vers le sommet, amidon abondant, cellules tannifères éparses. Système conducteur : nervure médiane terminée en hydathode, nervures de second ordre parallèles à la première; *pas de nervures marginales*. Structure normale, fibres péridermiques externes lignifiées à la fructification.

Corolle. — Structure semblable à celle des Primevères et des *Primuloidées* en général.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Épiderme externe à cellules polygonales de face, sans poils, ni stomates. Mésophylle épais, prismatique dont les rangées internes s'épaississent et se lignéfient au moment de la fructification. Épiderme externe à cellules étroites et allongées.

A la base, dix faisceaux libéro-ligneux, se ramifiant abondamment sous l'épiderme interne.

La lignification se fait de la base au sommet et de la face externe à la face interne, sauf le long des dix faisceaux libéro-ligneux.

Placenta de forme régulièrement conique avec prolongement dans le canal stylaire.

Ovules très nombreux, structure typique normale.

Graine. — *Deux téguments* ; assise externe non papilleuse, *à paroi externe épaisse*; assise sous-jacente à parois épaissies sauf l'externe, lumière des cellules remplie par un cristal d'oxalate de calcium. Les trois assises du tégument interne sont complètement écrasées.

Albumen abondant à cellules bourrées d'huile et d'aleurone en grains extrêmement ténus, noyau volumineux, membranes parfois très épaisses, fournissant ainsi une réserve cellulosique abondante. Autour de l'embryon, couche de cellules vides complètement écrasées.

Embryon occupant toute la longueur de la graine; *portion axile paraissant d'autant plus longue que les cotylédons sont soudés en un tube*. Déjà dans les cotylédons et dans leur portion libre, le tissu

méristématique qui les constitue présente une légère différenciation bifaciale.

28. — CORIS L.

Deux espèces méditerranéennes.

Coris Monspeliensis L.

Racine. — *Racine principale.* — (D. = 0 mm.5). Assises pilifère et subéreuse normales; parenchyme cortical à cellules volumineuses dans la zone moyenne, toutes sériées radialement sauf l'externe; endoderme normal. Cylindre central binaire à lame ligneuse primaire enveloppée par le bois secondaire fibreux et dense; liber en deux arcs accolés au bois secondaire très nacré dans la zone externe.

Racine latérale. — (Diamètre = 1 mm.5). — Assise pilifère pourvue de poils longs; assise subéreuse *partiellement lignifiée*; parenchyme cortical épais, sérié radialement dans la zone interne, endoderme à membranes épaissies; amidon abondant. Cylindre central à cinq lames ligneuses primaires n'atteignant pas le centre, cinq fascicules de tissu criblé; à la face interne de chaque faisceau libérien, formations libéro-ligneuses secondaires. Moelle parenchymateuse homogène.

Tige. — *Axe hypocotylé.* — Dans la région inférieure, même structure que la base de la racine principale. Épiderme muni de stomates et de poils courts. Parenchyme cortical chlorophyllien homogène; endoderme à cadre tangentiel subérifié. Système conducteur primaire bipolaire, dans lequel les productions libéro-ligneuses secondaires prennent rapidement un grand développement. Au sommet, les cellules centrales du cambium vasculaire ne se transforment pas en vaisseaux, donnent des cellules de parenchyme; il y a alors indication d'une moelle. Les vaisseaux primitifs s'unissent latéralement avec les premiers vaisseaux du système secondaire et la structure de tige est constituée.

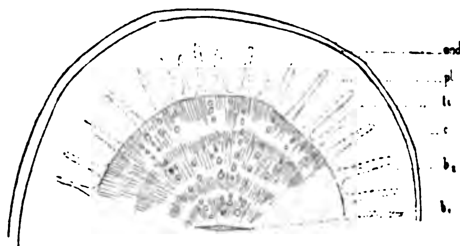


Fig. 88. — *Coris monspeliensis.* Coupe transversale schématique d'un axe hypocotylé agé de plusieurs années: *ti*, lames rayonnantes de tissu criblé; b_2, couches successives de bois secondaire; *end*, endoderme; *pl.* parenchyme libérien; b_1, bois primaire.

La racine principale et l'hypocotyle sont vivaces et prennent un diamètre considérable. Le bois est alors sous forme de zones annuelles comme dans les tiges des arbres (fig. 88).

TIGE. — La structure ne s'écarte pas du type dicotylédoné normal. Dans un entre-nœud adulte quelconque, on observe toujours de la périphérie au centre : un épiderme avec poils et stomates, une écorce parenchymateuse homogène, une couronne libéro-ligneuse continue et une moelle parenchymateuse homogène.

Épiderme à cellules cloisonnées radialement pour suivre l'accroissement du système libéro-ligneux secondaire ; poils n-cellulaires longs. Parenchyme cortical, lacuneux, cloisonné radialement. Péricycle mince, lignifié partiellement à la base seulement de la tige. Liber des tiges âgées disposé en bandes radiales larges, séparées par des rayons de parenchyme secondaire; dans les tiges de l'année, disposition normale : flots d'éléments criblés disposés en couronne continue ; bois en zones concentriques de vaisseaux et de fibres lignifiées. Dans les tiges de l'année, la distribution des vaisseaux et du parenchyme lignifié présente une disposition remarquable : vers l'intérieur, un *anneau de vaisseaux* formant n pointements entourés de fibres primitives et à la périphérie *un anneau exclusivement composé de parenchyme ligneux*. En approchant du sommet, le parenchyme ligneux augmente un peu et les vaisseaux diminuent proportionnellement au diamètre de la tige.

FEUILLE. — Cellules de l'épiderme externe allongées et légèrement sinuées, celles de l'épiderme interne à parois rectilignes et polygonales, presque isodiamétriques examinées de face. Stomates et poils nombreux. Mésophylle centrique; sous l'épiderme, environ trois assises de cellules palissadiques très méatiques. Nervure médiane et ses ramifications étalées tangentiellement, celles des bords ont leur faisceau ligneux tourné vers les bords et non vers la face interne (fig. 89). De chaque côté de la nervure médiane et vers le sommet, le parenchyme est creusé d'une cavité fusiforme remplie partiellement d'un contenu granuleux tannifère; cavité bordée par des cellules très aplaties.

Cotylédon. — Mésophylle à structure bifaciale normale, tissu palissadique interne très méatique, tissu rameux peu lacuneux. Les cotylédons s'insèrent sur l'hypocotyle dans le plan de la lame ligneuse primaire.

PÉDONCULE FLORAL. — Même anatomie générale que la tige vers le sommet, avec dix pointements ligneux primitifs.

A la base de la fleur, la couronne libéro-ligneuse se partage en dix faisceaux ligneux collatéraux, *tous destinés au calice*. Au niveau

de leur séparation bien nette, s'insèrent les faisceaux placentaires par cinq bandes radiales. L'espace qui sépare les insertions du calice et de la corolle est plus long que dans les autres genres, il y a là

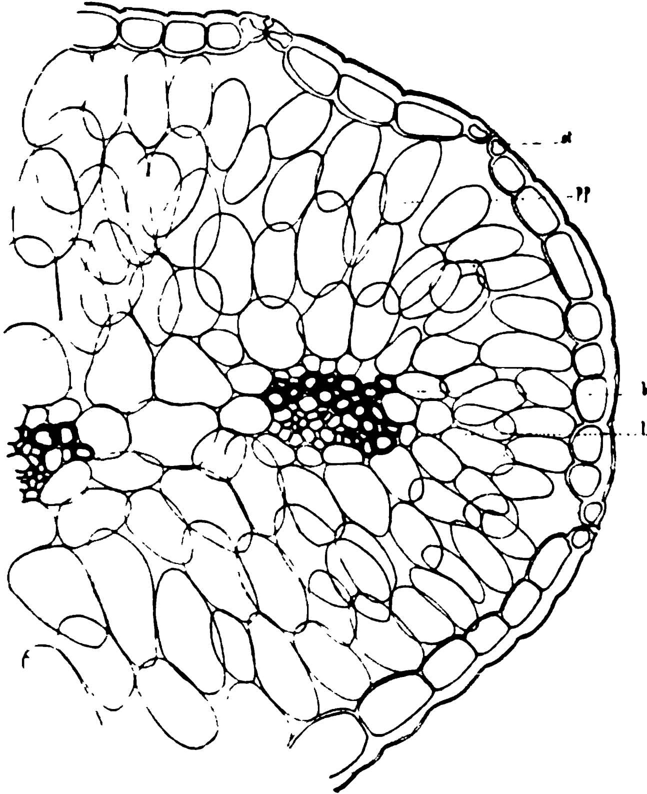


Fig. 89. — *Coris monspeliensis*. Feuille : coupe transversale dans la région marginale; *st*, stomates; *pp*, parenchyme palissadique centrique; *b*, bois; *l*, tissu criblé (gr. = 450).

une sorte d'entre-nœud qui fait que les faisceaux pétalaires s'insèrent sur les faisceaux placentaires, puis sur ceux-ci encore, les faisceaux ovariens.

Calice — Cellules épidermiques ondulées. Stomates nombreux. Poils nombreux, unisériés ou ramifiés. Mésophylle lacuneux à cellules plus rameuses au sommet qu'à la base. Dans la région où les sépales se rabattent vers l'intérieur, le parenchyme est nettement palissadique sur plusieurs assises. Nervures à structure très spéciale : bois composé de quelques vaisseaux à la partie interne et

de fibres épaisses non ponctuées; liber très réduit (fig. 90). Les fibres se prolongent dans les épines externes que porte le calice; elles en forment pour ainsi dire toute la masse.

COROLLE. — Cellules à contours curvilignes ondulés, légèrement papilleuses à la face interne ; poils n-cellulaires capités. Mésophylle compact à la base, rameux au-dessus de l'insertion des étamines. — Nervures médianes et nervures intercalaires concentriques à la base, puis collatérales, le bois pouvant présenter dans ce dernier cas une différenciation rayonnante.

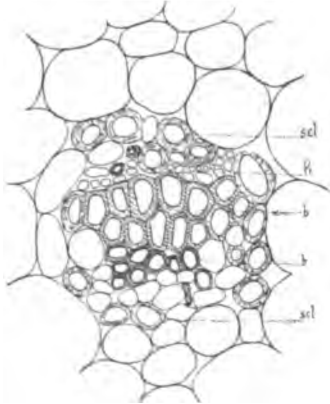


Fig. 90. — *Coris monspeliensis.* Calice : faisceau médian, coupe transversale ; *scl*, sclérenchyme ; *li*, tissu criblé ; *b*, bois.

ÉTAMINE. — *Filet.* — Cellules épidermiques finement ondulées; deux formes de poils : 1° n-cellulaires, longs ; 2° tri-cellulaires courts à cellule terminale souvent divisée. Parenchyme prismatique entourant un faisceau concentrique à éléments peu différenciés, se continuant dans l'anthère à l'état de méristème vasculaire.

Anthère. — Parenchyme mécanique caractéristique comprenant uue seule assise de cellules tout autour des sacs ; les épaississements en U sont soudés à leur base de manière à figurer des tabourets à nombre variable de branches ouvertes vers l'extérieur. Parenchyme prismatique central à section losangique. Pollen en longs, grains ellipsoïdes allongées ($A = 45\ \mu$, $a = 20\ \mu$) à surface finement réticulée.

OVAIRE. — *Paroi ovarienne.* — Cellules épidermiques à contours rectilignes isodiamétriques vues de face du côté externe, allongées et très étroites à la face externe; pas de stomates. Poils n-cellulaires dressés verticalement, très nombreux, formant un vrai feutrage à la face supérieure.

Mésophylle renflé en bourrelet à la base ; cellules polyédriques à la base, puis prismatiques, tabulaires dans le reste de la paroi, renfermant des amas de malophosphate de calcium après séjour dans l'alcool.

Style. — Épiderme prismatique présentant quelques poils.

Placenta. — Dans le pédicelle, les cordons libéro-ligneux concentriques se fusionnent plus ou moins en une colonne libéro-ligneuse centrale irrégulière ; le parenchyme y est formé de cellules prisma-

tiques riches en protoplasme. Dans la portion globuleuse, les faisceaux conducteurs se rabattent brusquement sans atteindre le niveau des ovules. Parenchyme rempli de gros grains d'amidon.

Dans la portion inférieure rabattue autour du sommet du pédicelle, l'épiderme est papilleux et porte de rares poils longs. La portion supérieure porte quatre ovules et s'enfonce légèrement dans le canal stylaire.

Ovule. — Structure typique avec tégument interne multisérié, dépassant de beaucoup le tégument externe de manière à former un bec dans la région micropylaire.

Graine. — Structure typique. Assise périphérique formée de cellules prolongées en papilles, à extrémité arrondie, très longues. Assise sous-jacente oxalifère comme dans toutes les autres Primulacées, mais formées par des cellules environ quatre fois plus allongées radialement que dans le cas normal ; les parois sont épaissies de manière à laisser une lumière en forme d'entonnoir, la partie élargie tournée vers l'extérieur, renfermant le cristal d'oxalate de calcium. Embryon très étroit, constitué comme dans les autres genres : toutes les cellules de l'écorce, sauf l'assise sous-épidermique de l'axe hypocotylé sont disposées en séries radiales et concentriques.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Dans la deuxième et la troisième partie de mon travail, j'ai synthétisé les résultats généraux fournis par l'étude anatomique des Primulacées. Pour servir de conclusion à cette étude, je vais signaler ici les principaux de ces résultats. Ils peuvent se grouper sous trois chefs : 1° considérations sur la systématique et la biologie des Primulacées ; 2° anatomie des Primulacées ; 3° considérations intéressant l'anatomie des Phanérogames.

1° Considérations sur la systématique et la biologie des Primulacées.

La famille des Primulacées se divise en deux sous-familles : les Primuloïdées et les Lysimachioïdées, aussi bien caractérisées par leur morphologie interne que par leur morphologie externe.

Les Primulacées sont essentiellement des plantes hygrophiles. Néanmoins dans les deux sous-familles, il y a des genres xérophiles, présentant dans leurs détails de structure des caractères dus à l'influence du milieu. Des deux côtés, il y a un type de structure hygrophile et un type de structure xérophile.

PRIMULOÏDÉES HYGROPHILES. — Par le nombre des espèces qu'il renferme, par sa grande extension, par sa plasticité qu'indique une assez grande variabilité de l'appareil végétatif, c'est le genre *Primula* qui doit être considéré comme le genre nodal de la famille.

Autour du genre *Primula* viennent se ranger, par séries, des groupes de genres à affinités très étroites : 1° les

genres *Cortusa*, *Kaufmannia*, *Ardisiandra* et *Stimpsonia* que l'on pourrait considérer comme des sous-genres de *Primula*, tant les caractères morphologiques différentiels sont faibles, et tant les caractères anatomiques sont semblables; 2° les genres *Pomatosace* et *Hottonia* qui doivent au milieu aquatique leur port, la forme de leur feuille, la structure de leur tige ; 3° les genres *Soldanella*, *Bryocarpum*, *Dodecatheon*, étroitement unis entre eux par les caractères tirés de la feuille, de l'inflorescence et de la fleur.

Androsace renferme des espèces hygrophiles qui passent insensiblement au genre *Primula* au point d'en être difficilement distinguées, aussi bien par la morphologie que par l'anatomie et des espèces xérophiles qui forment le trait d'union aux *Aretia*.

Au point de vue systématique, le genre *Cyclamen* fait partie du même groupe que *Soldanella*, *Bryocarpium* et *Dodecatheon*, mais par l'abondante réserve d'eau que renferme son tubercule, il peut résister longtemps à la sécheresse. Ce mode d'adaptation portant sur une partie seulement de l'appareil végétatif est différent de ce qui se passe dans les autres espèces xérophiles de la famille.

PRIMULOÏDÉES XÉROPHILES. — L'adaptation a imprimé aux genres *Dionysia*, *Aretia*, *Douglasia*, un port et une structure tout à fait uniformes. Entre les *Aretia* et *Douglasia* d'une part, et le genre *Primula* d'autre part, se trouve toute une série d'*Androsace* dont les termes extrêmes sont hygrophiles ou xérophiles et servent de trait d'union entre les Primuloïdées xérophiles et les Primuloïdées hygrophiles. Par les caractères floraux *Dionysia* se rattache directement au genre nodal.

LYSIMACHIOÏDÉES. — La plupart des Lysimachioïdées sont vivaces et hygrophiles. Par la présence de rhizomes qui végètent dans le sol humide, elles nous paraissent mieux adaptées que les Primuloïdées hygrophiles, dont la tige se détruit rapidement dans sa partie souterraine.

C'est vraisemblablement le genre *Lysimachia* qui a servi

de point de départ à une série de divergences qui nous conduisent aux *Anagallis*, aux *Coris*, aux *Samolus* et au *Glaux*.

Les *Anagallis* se relient aux *Lysimachia* par le *L. nemorum*. *Coris* est un type xérophile qui est aux *Lysimachia* ce que les *Aretia* sont aux *Primula*, avec une différenciation morphologique et biologique plus grande de la fleur. *Glaux* et *Samolus* ont acquis des caractères morphologiques qui les éloignent plus des *Lysimachia* que les genres précédents; mais les caractères qui nous ont servi à distinguer les Primuloïdées et les Lysimachioïdées s'y retrouvent toujours.

Les genres *Steironema*, *Naumburgia* et *Lubinia* sont tellement voisins du genre *Lysimachia* qu'il serait rationnel de les rattacher à ce dernier comme des sous-genres.

Par ses caractères anatomiques, le genre *Trientalis* ne s'éloigne pas des *Lysimachia*, mais le nombre des pétales passe souvent à sept, quelquefois à neuf, et les feuilles végétatives sont groupées en verticille au sommet de la tige. Cette variabilité du nombre des pétales nous autorise à accorder une importance toute secondaire à ce caractère. Le groupement des feuilles au sommet de la tige est vraisemblablement un résultat d'adaptation. Les *Trientalis*, poussant généralement dans les forêts froides, s'élèvent peu au-dessus du sol et la partie inférieure de leur tige est plus ou moins enfouie sous les débris de feuilles qui jonchent le sol.

Les genres *Apocoris*, *Asterolinum*, *Pelletiera* et *Glaux* renferment des espèces de petite taille, habitant toutes des stations plus ou moins xérophiles. *Apocoris* vient dans les champs arides des environs de Pékin. *Asterolinum stellatum* est fréquent dans les terrains calcaires incultes de la région méditerranéenne. Les deux espèces de *Pelletiera* que nous avons examinées provenaient des environs de Montevideo, où elles poussaient au milieu de *Medicago* qui les recouvraient et drainaient le sol. *Glaux maritima* est caractéristique des lieux salés, où l'absorption de l'eau est rendue difficile par la présence du chlorure de sodium.

La corolle subit des variations considérables dans ces

de leur séparation bien nette, s'insèrent les faisceaux placentaires par cinq bandes radiales. L'espace qui sépare les insertions du calice et de la corolle est plus long que dans les autres genres, il y a là

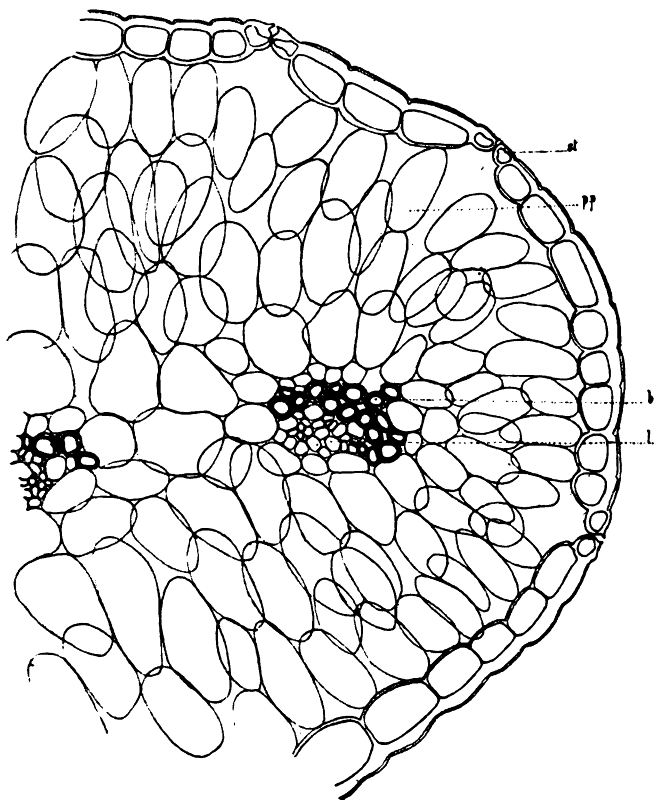


Fig. 89. — *Coris monspeliensis.* Feuille : coupe transversale dans la région marginale; *st*, stomates; *pp*, parenchyme palissadique centrique; *b*, bois; *l*, tissu criblé (gr. = 450).

une sorte d'entre-nœud qui fait que les faisceaux pétalaires s'insèrent sur les faisceaux placentaires, puis sur ceux-ci encore, les faisceaux ovariens.

Calice — Cellules épidermiques ondulées. Stomates nombreux. Poils nombreux, unisériés ou ramifiés. Mésophylle lacuneux à cellules plus rameuses au sommet qu'à la base. Dans la région où les sépales se rabattent vers l'intérieur, le parenchyme est nettement palissadique sur plusieurs assises. Nervures à structure très spéciale : bois composé de quelques vaisseaux à la partie interne et

l'insertion des cotylédons, les vaisseaux primaires les plus âgés sont écrasés et les vaisseaux centraux viennent s'unir aux vaisseaux secondaires situés de part et d'autre de la lame ligneuse primaire.

TIGE. — Sauf un certain nombre d'espèces du genre *Primula* devant constituer le genre *Auricula* d'après M. Van Tieghem, sauf les espèces des genres *Bryocarpum* et *Dodecatheon*, la tige comprend : un épiderme avec stomates et poils, une écorce parenchymateuse primaire, riche en amidon et cellules tannifères, un système conducteur en couronne continue dans les entre-nœuds âgés, et une moelle parenchymateuse. Le système conducteur comprend : 1° un péricycle plurisérié, généralement parenchymateux dans les Primuloïdées, généralement lignifié dans les Lysimachioïdées ; 2° un anneau continu de tissu criblé et de tissu vasculaire. Le péricycle tire son origine du méristème vasculaire et doit être rattaché au liber, à la même tige que les fibres vasculaires primitives qui sont rattachées au bois.

Dans quelques *Primula*, dans le *Bryocarpum himalaicum*, dans les *Dodecatheon*, il se développe aux dépens des cellules péricycliques un système libéro-ligneux surnuméraire, sur lequel s'insèrent les racines et qui a reçu le nom de réseau radicifère.

L'anatomie des tiges de Primevères a été expliquée et interprétée par M. Van Tieghem. Chaque stèle ne constitue pas pour nous l'équivalent anatomique du cylindre central des tiges normales. Ces stèles sont à nos yeux des faisceaux concentriques anastomotiques.

Le sommet végétatif est constitué par un méristème homogène, recouvert par le dermatogène. Il nous a été impossible de reconnaître des cellules initiales propres à l'écorce et au cylindre central.

FEUILLE. — La feuille a une structure bifaciale dans les types hygrophiles et une structure plus ou moins centrique dans les espèces xérophiles.

Sauf dans les espèces citées plus haut à propos de l'ano-

malie de structure de la tige, la trace foliaire est unifasciculée à sa base, la ramification est pennée.

La nervure médiane se termine toujours en hydathode. Dans les Primuloïdées hygrophiles, les nervures de deuxième ordre et souvent d'ordre supérieur se terminent de la même manière, tandis que dans les Lysimachioïdées, les nervures de second ordre sont réunies entre elles par des arcs marginaux. Chaque nervure comprend des fibres péridesmiques externes sur plusieurs assises, une lame de tissu criblé, une lame de tissu vasculaire flabelliforme et quelques fibres péridesmiques internes cellulosiques. L'épiderme est formé de cellules épidermiques ondulées avec stomates et poils nombreux.

PÉDONCULE FLORAL. — Dans les Primuloïdées, les faisceaux libéro-ligneux sont distincts; dans les Lysimachioïdées, ils ne sont pas définis et forment une couronne continue.

Le parcours des faisceaux dans le réceptacle floral est uniforme, sauf dans *Glaux maritima* et *Coris monspeliensis*. Le fait le plus saillant est l'insertion des faisceaux placentaires sur la base des faisceaux sépalaires et pétalaires médians. Ces faisceaux placentaires sont concentriques dans les Primuloïdées et collatéraux inverses dans les Lysimachioïdées.

CALICE. — Les sépales dans leur partie libre renferment toujours une nervure médiane, prolongement direct d'un faisceau du pédoncule floral, et deux nervures marginales qui s'insèrent sur les faisceaux pétalaires médians au sommet du réceptacle floral, après s'être réunis en un seul faisceau. Le parenchyme est généralement rameux, très riche en chlorophylle. L'épiderme interne porte un plus grand nombre de stomates que l'épiderme externe, fait en rapport avec la sécheresse plus ou moins grande de l'air au moment de la fructification.

COROLLE. — Le système conducteur de la corolle est semblable à celui du calice, avec une ramification plus abondante des nervures. Les faisceaux marginaux s'insèrent sur

les faisceaux sépalaires médians, au sommet du réceptacle floral, après s'être réunis en un seul faisceau. Le parenchyme est formé de cellules tabulaires rameuses dans le plan du limbe. Nous avons vu comment l'épiderme du limbe caractérise les deux sous-familles.

Étamine. — L'anthère est bifide dans les Primuloïdées, mucronée dans les Lysimachioïdées. Des deux côtés le parenchyme mécanique est formé de cellules munies d'épaississements en U ou spiralées. Le faisceau conducteur est concentrique dans toute son étendue ; il s'insère sur le faisceau pétalaire médian qui devient concentrique sous l'insertion, de telle sorte qu'il serait plus rationnel de considérer comme faisceau staminal cette partie inférieure du faisceau pétalaire et de dire que la nervure médiane de la corolle s'insère sur le faisceau staminal.

Ovule et Graine. — L'ovule et la graine ont une structure tout à fait caractéristique. Le tégument externe comprend partout le même nombre d'assises. Dans un petit nombre de cas le tégument interne a plus de trois assises. Le tégument externe de la graine fournit le caractère le plus constant de la famille. Il ne présente aucune exception.

3° Considérations intéressant l'anatomie générale des Phanérogames.

Le type de structure des Primulacées ne s'écarte pas dans son ensemble du type dicotylédone normal et à ce titre il est permis d'étendre à tout ce groupe certaines conclusions suggérées par l'étude des Primulacées, ou tout au moins de poser des problèmes tendant à généraliser ces conclusions.

I. Le cylindre central de la racine doit être considéré comme un faisceau conducteur libéro-ligneux et non comme une série de faisceaux ligneux et de vaisseaux libériens. Ce faisceau présente *n* centres de différenciation ligneuse et *n* centres de différenciation libérienne.

II. La valeur morphologique de la tige en tant qu'organe axile n'est pas comparable à la valeur morphologique de la racine. Des coupes faites au sommet des tiges ne montrent jamais un cylindre central nettement défini. A ce niveau, le système conducteur de la tige est toujours dans le prolongement direct des traces foliaires. Nous nous rangeons à la manière de voir des botanistes qui considèrent la tige non comme un membre homogène, mais comme une association de rachis phytonaires.

III. Il n'y a pas lieu de distinguer le bois primaire du bois secondaire dans la tige; les premiers vaisseaux se différencient aux dépens d'un cambium à cloisonnements tangentiels et non aux dépens de cellules procambiales.

Ce travail a été fait au laboratoire de recherches de l'Institut de botanique de Montpellier dirigé par M. le professeur Flahault.

Qu'il me soit permis d'adresser à ce savant Maître l'expression de mon affectueuse reconnaissance pour les nombreux encouragements qu'il n'a cessé de me prodiguer.

CONTRIBUTION
A L'ÉTUDE DES SIMARUBACÉES

Par M. FERNAND JADIN.

INTRODUCTION

Les recherches que nous avons déjà publiées sur les Anacardiacées et sur les Burséracées, nous ont amené à entreprendre ce travail sur les Simarubacées, famille qui a de nombreuses affinités avec les deux groupes précédents. De plus, en comparant l'énumération des genres faite par les principaux botanistes actuels, nous avons été surpris de la divergence des opinions et de la façon différente dont chacun comprend les limites de cette famille. Ces divergences de vue prouvaient que la morphologie florale et les recherches anatomiques partiellement entreprises n'avaient pu mettre les auteurs d'accord. Dans ces conditions, il nous a semblé utile de reprendre les recherches anatomiques en nous limitant forcément aux organes que l'on se procure assez facilement dans les herbiers. Nous nous sommes appliqué à étudier tous les genres compris dans ce groupe par les divers auteurs, et pour chacun nous avons cherché à nous procurer le plus grand nombre d'espèces. Pour certains genres, lorsque le résultat de nos recherches ne concordait pas avec l'opinion émise par les auteurs qui nous avaient précédé dans leur étude anatomique, nous nous sommes efforcé d'étudier des échantillons d'origine

différente, afin de nous assurer de la légitimité de nos conclusions.

Nos recherches ont porté sur la tige, sur le pétiole et sur la feuille ; dans certains cas, nous avons dû nous contenter du pétiole et de la feuille. C'est presque toujours des tiges âgées d'un ou deux ans que nous nous sommes procurées, afin d'avoir des éléments de comparaison de même ordre.

La famille des Simarubacées étant composée de plantes tropicales, nous avons dû consulter quelques grandes collections et faire appel à la bonne volonté de plusieurs correspondants. Exprimons ici à tous ceux qui ont répondu à nos demandes, et à tous ceux qui nous ont permis de puiser dans les herbiers, notre vive gratitude.

Nous avons eu l'accès le plus libéral dans les collections de plantes sèches ou vivantes du Muséum et nous en remercions bien sincèrement les Professeurs du Muséum de Paris ; MM. Bois et Poisson ainsi que le regretté M. Franchet ont particulièrement facilité notre tâche. Nous devons aussi remercier les savants de Kew et du British Muséum qui ont mis à notre disposition les échantillons des précieuses collections de ces deux grands établissements scientifiques. L'accueil empreint d'une si courtoise cordialité qui nous a été fait en Angleterre par MM. Hemsley, Murray, Stapf et Baker restera toujours comme un vivant souvenir du labeur entrepris. L'herbier de M. Drake del Castillo et le Musée colonial de Marseille nous ont fourni quelques échantillons. M. Pierre a bien voulu nous en offrir un grand nombre; parmi les correspondants résidant aux pays tropicaux, nous citerons MM. Gages, de Calcutta ; Ikeno, du Japon ; Treub, de Java ; Landes, de la Martinique, qui ont répondu à nos demandes. Que tous reçoivent ici l'assurance de notre profonde reconnaissance. Enfin les collections de l'Institut de Botanique de Montpellier nous ont été ouvertes grâce à M. le Professeur Flahault; c'est là que nous avons trouvé l'herbier Planchon contenant d'utiles et nombreux spécimens.

Notre travail est divisé en trois chapitres. Le premier chapitre comprend : l'historique de la famille des Simarubacées. Le second chapitre est une partie générale où, après avoir rappelé les caractères morphologiques externes, et résumé les caractères anatomiques des différents genres, nous discutons les résultats obtenus et exposés dans le troisième chapitre qui demeure la partie testimoniale de ce travail.

HISTORIQUE

Les Simarubacées ont été longtemps considérées comme une tribu des Rutacées.

De Candolle (1) fixe le premier les caractères de cette famille; pour lui les plantes qu'il y range sont très voisines des Ochnacées. Un peu plus tard, Aug. de Saint-Hilaire (2) reprend l'étude de ces plantes et les rapproche des Rutacées jusqu'à n'en faire qu'une tribu de cette famille. Enfin Ad. de Jussieu (3) se rallie à cette opinion.

Il cite comme faisant partie du groupe des Simarubacées les genres : *Simaba* (incl. *Aruba*) Aubl., *Quassia* L., *Simaruba* Aubl. et *Samadera* Gaertn ; il pense en outre que les genres *Harrisonia* Brown. et *Nima* Hamilt. ont de très grandes affinités avec ces quatre genres. Il donne les caractères suivants comme étant ceux des Simarubées : « Ce sont des arbres ou des arbrisseaux. Leurs feuilles dépourvues de points glanduleux et transparents sont alternes, tantôt simples, tantôt, et plus ordinairement, composées de folioles alternes ou opposées, portées sur un pétiole commun, nu ou plus rarement ailé. Leurs fleurs axillaires ou terminales sont disposées en ombelles, en grappes, ou le plus généralement en panicules. Leur calice se divise en quatre

(1) *Monographie des Ochnacées et des Simarubées* (Ann. du Museum, t. XVII, p. 398-425).

(2) *Mémoire sur le Gynobase.*

(3) *Mémoire sur les Rutacées* (Mém. du Museum, 1825, t. XXII, p. 54).

ou cinq parties, avec lesquelles alternent autant de pétales beaucoup plus longs, qui sont dans la préfloraison, tantôt étalés, tantôt connivents au sommet, et rapprochés en manière de tube. Les étamines en nombre double sont plus courts que la corolle ou plus longs, et saillants hors du tube qu'elle forme. Leurs filets partent chacun du dos d'une écaille ou languette plus ou moins allongée, plus ou moins laineuse, au moyen de laquelle ils s'insèrent à la base d'un gynophore central. Les fleurs sont hermaphrodites si on excepte un seul genre (*Simaruba*), où dans les unes on voit les étamines réduites à un court filet squammiforme, dans les autres, le gynophore a son sommet chargé seulement de cinq lobules à peine visibles. Le pistil, dont la base déborde le gynophore ou est débordé par lui, se compose d'un nombre d'ovaires libres égal à celui des pétales et munis chacun à leur sommet, et du côté interne, d'un style : celui-ci rencontrant presque aussitôt les styles des autres, se soude avec eux en un seul plus ou moins allongé, que termine un stigmate presque égal ou plus large, partagé en cinq lobes tantôt réunis, tantôt distincts. Chaque ovaire renferme un seul ovule suspendu vers le sommet de son angle interne..... Le fruit se compose de plusieurs drupes verticellées sur un support commun, quelquefois réduites à un nombre moindre, ou même à l'unité par avortement; leur forme la plus générale est celle d'un ovoïde, quelquefois un peu comprimé sur ses faces latérales, et souvent relevé le long de sa face interne d'une crête assez aiguë; le sarcocarpe est une couche de chair épaissie ou souvent fort mince, unie ou variqueuse à l'extérieur, et intimement adhérente à un endocarpe ligneux. Ce dernier est pénétré à quelque distance au-dessous du sommet de la loge par les vaisseaux nourriciers de la graine, dont on peut apercevoir le faisceau montant entre lui et l'enveloppe charnue le long de l'axe interne. La graine suspendue à cet angle par un funicule élargi qui s'insère au-dessous de son extrémité supérieure, présente, sous une peau peu épaisse,

un embryon sans périsperme. La radicule regarde le haut et le dedans de la loge ; elle est très courte, et comme retirée entre les cotylédons. Ceux-ci, très épais et charnus, s'appliquent l'un contre l'autre par une face plane, et par une face convexe touchent les parois de la cavité qu'ils remplissent. »

Il nous sera permis de rappeler que parmi les caractères auxquels fait appel de Jussieu, nous en trouvons un qui est d'ordre purement anatomique : c'est celui qui a trait à l'absence de points glanduleux dans les feuilles.

En 1846, J.-E. Planchon (1) publie une revue de la famille des Simarubées, et il développe dans un second mémoire (2) les raisons du nouveau groupement qu'il donne. Il divise la famille des Simarubées en quatre sections :

1° Section des Simarubées proprement dites.

Quassia L.
Samadera Gaertn.
Simaba Aubl.
Hannoa Planch.
Simaruba Aubl.
Castela Turp.

2° Section des Harrisoniées.

Harrisonia R. Brown.
Lasiolepis Bennett.

3° Section des Ailanthées.

Picrasma Bl.
Ailanthus Desf.
Brucea Mill.
Soulamea Lam.
Picramnia Sw.
Picrodendron Planch.

4° Section des Spatheliées.

Eurycoma W. Jack.
Spathelia L.
Dictyoloma D. C.

(1) *Revue de la famille des Simarubées* (Lond. Journ. of Botany, V, 1846, p. 560).
(2) *Mémoire sur la famille des Simarubées* (Mém. de la Soc. royale des sciences, belles-lettres et arts d'Orléans, t. VII, 1847).

ce qui fait un total de dix-sept genres. Planchon considère que l'amertume intense est sans aucun doute le caractère le plus général de la famille.

Bentham et Hooker, dans leur *Genera*, augmentent le nombre des genres. En sus de ceux admis par Planchon, ils rangent parmi les Simarubacées les *Mannia*, *Rigiostachys*, *Hyptiandra*, *Holacantha*, *Cneorum*, *Picræna*, *Picrolemma*, *Cneoridium*, *Cadellia*, *Suriana*, *Brunellia*, *Amaroria*, *Irvingia*, *Kirkia*, *Balanites*, *Picrella* et *Kœberlinia*. Ainsi comprise, la famille des Simarubacées comprend trente-trois genres.

Baillon dans son *Histoire des plantes* (1) considère les Simarubacées comme une tribu du grand groupe des Rutacées, et sous le nom de Quassiées y range vingt-sept genres. Pour lui, les genres *Balanites*, *Cneorum* et *Suriana* forment chacun une tribu spéciale des Rutacées au même titre que les Simarubées. Le *Rigiostachys* est une Rosacée, et, acceptant l'opinion émise par Triana et Planchon (2), il regarde le genre *Brunellia* comme une Saxifragacée.

Enfin, dans le *Planzenfamilien*, M. Engler rejette dans les Rutacées tous les genres de Simarubacées pourvues de glandes sécrétrices dans l'écorce de la tige et dans les feuilles.

Or M. Blenk (3) a montré, et nous avons pu vérifier les observations de cet auteur, qu'il existait des glandes sécrétrices dans les *Cneoridium*, *Spathelia* et *Dictyoloma*; il faut remarquer que ces glandes sont en nombre limité dans les espèces de ces deux derniers genres. Ces trois genres appartiennent donc bien aux Rutacées.

M. Engler maintient le genre *Rigiostachys* parmi les Rosacées et classe les *Balanites* dans les Zygophyllacées. Il forme trois

(1) T. IV, p. 404.
(2) *Ann. des Sc. nat.*, 3e série, t. XIV, p. 307.
(3) P. Blenk, *Ueber die durschsichtigen Punkte in den Blättern* (*Simarubaceæ*). Flora, 1884, p. 291-296.

familles distinctes avec les trois genres *Brunellia*, *Cneorum* et *Kœberlinia*. Les Brunelliacées sont placées près des Cunoniacées. Van Tieghem a appuyé l'opinion de M. Engler par de récentes recherches sur les Cnéoracées (1) et les Kœberliniacées (2). Pour lui, les Cnéoracées restent voisines des Rutacées et des Zygophyllacées, tandis que, se basant principalement sur la stratification du liber, stratification qui est en effet très nette, il rapproche les Kœberliniacées des Malvales et n'accepte pas l'opinion d'Engler qui avait récemment placé cette famille entre les Bixacées et les Canellacées.

D'autre part, M. Radlkofer, dans sa magistrale étude sur les Sapindacées (3), avait montré que le genre *Alvaradoa*, placé ordinairement dans cette famille, était une Simarubacée, et dans le même mémoire il avait créé le genre *Picrocardia* pour une plante voisine du genre *Soulamea*. M. Engler accepte l'opinion de M. Radlkofer, et décrit parmi les Simarubacées ces deux nouveaux genres. Il accepte aussi comme genres nouveaux des Simarubacées, les genres *Oldyendea* et *Klainedoxa* créés par Pierre (4).

Avec ces modifications, les Simarubacées d'Engler comprennent vingt-huit genres; c'est sur ces vingt-huit genres que nos recherches ont porté.

(1) *Ann. des Sc. nat. bot.*, 8ᵉ série, 1899, t. IX, p. 363.
(2) *Sur les Stachyuracées et les Kœberliniacées* (Journ. de Bot., t. XIV, 1900, p. 7-12).
(3) *Ueber die Gliederung der Familie der Sapindaceen* (Sitzungs. der math.-physik. Classe der K. b. Akademie der Wissensch. zu München, 1890, p. 105-379).
(4) *Bull. de la Soc. linn. de Paris*, p. 1233 et 1282.

PARTIE GÉNÉRALE

I. — MORPHOLOGIE EXTERNE.

Les Simarubacées sont toutes ligneuses, arbres pouvant atteindre parfois une hauteur considérable, ou arbrisseaux dressés; ils ne sont jamais sarmenteux, quelques genres confinés dans des contrées désertiques prennent les caractères des plantes xérophiles; dans ce cas les feuilles se réduisent et les rameaux deviennent épineux : on observe ces modifications dans les genres *Castela* et *Holacantha*. La tige est toujours dure; les jeunes rameaux sont souvent pourvus de poils rigides ou flexueux mais non ramifiés. Les genres xérophiles ont les rameaux épineux.

Les feuilles sont sans stipules ou bien quand ces stipules existent elles tombent de bonne heure (*Irvingia*, *Cadellia*). Les feuilles sont ordinairement composées pennées, les folioles étant alors entières ou découpées suivant les genres ou les espèces. Quelques plantes sont pourvues de feuilles entières. Ces feuilles sont alors larges comme dans les *Samadera* et les *Irvingia*, ou elliptiques (*Klainedoxa*); ailleurs elles sont réduites, lancéolées comme dans les *Castela*, ou n'existent plus comme dans le genre *Holacantha*. Les nervures sont ordinairement saillantes et portent souvent des poils. On trouve quelquefois des feuilles dont toute la surface est recouverte de poils.

Les inflorescences sont généralement des panicules simples ou composés, très rarement ce sont des épis ou des grappes terminales comme dans les *Quassia*.

Les fleurs sont toujours actinomorphes; on ne remarque

ici aucune zygomorphie, ni même aucune tendance à la zygomorphie, comme cela a lieu chez certaines Rutacées et chez certaines Anacardiacées.

Elles sont souvent composées de cinq pièces ou d'un multiple de cinq à chaque cycle, mais on remarque de très grandes variations à ce sujet, et ces variations expliqueront parfaitement les divergences d'opinion qui ont été émises au sujet des limites de cette famille et que nous avons fait ressortir dans la partie historique de ce mémoire. Encore aujourd'hui en acceptant l'opinion de Engler sur la délimitation des genres de cette famille, on ne peut pas traduire en une formule générale la fleur des Simarubacées. Les fleurs sont presque toujours petites et sans éclat.

Le calice est à 4-5 lobes, en partie unis à la base; dans certains cas, les sépales sont en nombre plus grand. Dans *Holacantha* il atteint le nombre de 7 à 8, ou bien le nombre est plus petit et restreint à 3 (*Soulamea*). Dans le genre *Hannoa* les sépales sont réunis. La préfloraison du calice est imbriquée ou valvaire.

La corolle est constamment dialypétale, à préfloraison imbriquée, valvaire ou tordue (*Quassia*). Le nombre des pétales est égal à celui des sépales; les pétales sont rarement unis en tube (*Quassia*); le plus ordinairement ils sont libres, mais plus ou moins développés suivant les genres. Ils sont hypogynes.

Presque toutes les fleurs possèdent un disque plus ou moins bien développé. Chez les *Picramnia* il est découpé en lobes remarquablement distincts; mais dans la plupart des genres, il forme un étroit renflement annulaire autour de la base de l'ovaire; on observe quelquefois l'axe floral qui se développe en un véritable gynophore; cela a lieu dans certaines espèces du genre *Simaba* et chez les *Quassia*. Enfin il faut noter que dans le genre *Eurycoma* le disque n'existe pas.

Les étamines s'insèrent toujours au-dessous du disque.

Les filets sont quelquefois pourvus d'une écaille ou de poils. Les écailles des étamines se développent à la partie interne du filet, rejetant le filet à l'extérieur, et se séparant de lui quelquefois vers le milieu. Ordinairement les écailles de la base des étamines sont courtes et isolées les unes des autres ; dans certains, cependant, les écailles sont cohérentes par leurs côtés et forment un véritable tube dans lequel s'élève le style (*Simaba* et particulièrement *S. salubris*). Dans plusieurs genres les étamines ne portent que des poils à la base des filets (*Picrasma, Ailanthus, Quassia*, etc.). Enfin dans un grand nombre de genres les filets sont nus (*Brucea*, *Picræna*, etc.).

Les anthères sont pourvues de deux loges oblongues s'ouvrant vers l'intérieur par une fente longitudinale.

Le nombre des étamines est ordinairement double de celui des autres pièces des cycles externes. Dans le genre *Mannia* le nombre est assez considérable, il atteint quelquefois 18, bien que la fleur soit construite sur le type cinq. Dans quelques genres seulement, le nombre des étamines est égal à celui des autres pièces des cycles floraux externes, à savoir *Picrasma*, *Brucea*, *Picrolemma* et *Picramnia*; mais dans ces quatre genres la disposition des étamines n'est pas identique ; tandis que chez les *Brucea* et *Picrasma*, les étamines sont alternes avec les pétales, dans les *Picrolemma* et *Picramnia*, elles sont opposées aux pétales; il faut, semble-t-il, dans ce cas, admettre que le cycle externe a disparu par avortement.

Le pollen montre le plus souvent trois pores ronds ou oblongs.

Le gynécée se compose généralement de deux à cinq carpelles, ce nombre est donc quelquefois plus petit que celui des pièces calicinales et corollaires. En effet, dans les *Picramnia* le nombre des carpelles est 2 à 3 ; chez le *Picrocardia* il y en a trois ; on en compte deux dans les *Irvingia*, et un seul dans *Amaroria*. Les ovaires sont généralement libres. Partout les styles sont soudés sauf dans

les *Harrisonia*, *Suriana* et *Cadellia*. Cette concrescence des styles se fait différemment suivant les genres observés ; dans les vraies Simarubacées ils sont complètement soudés, mais dans plusieurs genres ils sont unis à la base seulement. Dans quelques genres les carpelles sont soudés mais les styles sont libres ; on remarque ce mode dans les *Soulamea*, *Amaroria* et *Picrocardia*.

On voit donc qu'au sujet de la soudure ou du mode d'être des carpelles et des styles, il n'y a rien de fixe, et que l'on trouve toutes les manières d'être dans les Simarubacées.

Les ovules sont toujours épitropes, sauf dans les *Alvaradoa* rattachés, avec doute du reste, aux Simarubacées. Par ce caractère ces plantes se rapprochent des Burséracées et des Rutacées ; nous trouverons d'ailleurs d'autres caractères qui les rattacheront à ces deux familles. Ces ovules sont généralement au nombre d'un seul dans chaque carpelle, et c'est la règle pour toutes les vraies Simarubacées ; on ne rencontre deux ovules que chez les *Picramnia*, le *Picrodendron*, le *Suriana* et les *Cadellia*.

Il faut signaler cependant que chez les *Suriana* le micropyle est bien tourné vers le bas comme chez les *Alvaradoa*, mais ici, il faut observer avec Engler que l'orifice du style, c'est-à-dire l'insertion du style sur l'ovaire, est presque tourné vers le bas; par cette torsion, le raphé de ventral devient dorsal car, son développement ayant été gêné, il est retourné complètement.

Les fruits sont indéhiscents, et ils sont secs ou drupacés ; seul les *Eurycoma* possèdent des fruits qui sont déhiscents tardivement, ils s'ouvrent alors par leur côté; quelquefois le fruit est samaroïde ou capsulaire. Dans tous on remarque une tendance à un élargissement aliforme du péricarpe vers le haut, ce qui peut faire admettre sans difficulté le développement ailé qu'on observe chez certaines graines.

Le tégument est mince, et l'albumen ordinairement absent, cependant il semble exister plus souvent qu'on ne le croyait auparavant. Ainsi presque tous les auteurs, y

compris Engler, signalent que le genre *Brucea* (1) possède des graines sans albumen; or de récentes recherches que nous avons vérifiées ont montré que le *B. antidysenterica* et le *B. sumatrana* ont des graines albuminées; l'albumen est riche en aleurone et bien développé.

En résumé, nous voyons qu'en dehors du caractère général tiré des ovules suspendus épitropes, il n'y a pas un seul caractère constant tiré de la morphologie externe des Simarubacées. L'épitropie de l'ovule n'existe même pas toujours chez toutes les plantes rangées parmi les Simarubacées, car les ovules sont apotropes dans le genre *Alvaradoa*.

II. — MORPHOLOGIE INTERNE.

L'anatomie de plusieurs genres de Simarubacées a été étudiée déjà; non pas dans un but de comparaison, mais à plusieurs autres points de vue. Trécul (2) et Van Tieghem (3), à propos de la place des canaux sécréteurs, en avaient parlé dans plusieurs mémoires; Engler, en publiant ses recherches sur les Rutacées, Simarubacées et Bursé-racées (4), donne des figures de la tige de quelques Simarubacées (*Ailanthus* et *Picramnia*); Solereder (5), Möller (6),

(1) Le Maout et Decaisne signalent pourtant un albumen plus ou moins copieux dans les graines de ce genre (*Traité de Bot.*, p. 380).

(2) *Des vaisseaux propres dans les Térébinthacées* (C. R., t. LXV, 1867, p. 1017).

(3) a. *Mémoire sur les canaux sécréteurs des plantes* (Ann. Sc. nat., 5e série, Bot. t. XVI).

b. *Second mémoire sur les canaux sécréteurs des plantes* (Ann. Sc. nat., 7e série, Bot., t. I).

c. *Nouvelles remarques sur la disposition des canaux sécréteurs dans les Diptérocarpées, Simarubacées et Liquidambarées* (Journ. de Bot., 1891, p. 377).

(4) Engler (A.), *Studien über die Verwandtschaftsverhältnisse der Rutaceae, Simarubaceae und Burseraceae nebst Beiträgen zur Anatomie und Systematik dieser Familien* (Abhandl d. Naturf. Gesellsch. zu Halle XIII, 1877, p. 109-158).

(5) *Ueber den systematischen Wert der Holzstructur beiden Dicotyledonen* (Thèse de Munich, 1885, p. 92).

(6) *Anatomie den Baumrinden*, 1882.

Radlkofer (1) s'occupent également de l'anatomie de la tige de certaines Simarubacées; Blenk (2) en étudiant les ponctuations des feuilles traite de quelques espèces critiques de cette famille. Andreæ (3) a fait des recherches sur la structure anormale de la racine de l'*Ailanthus glandulosa*.

Mais jusqu'ici aucun mémoire complet n'avait été publié sur l'anatomie comparée des plantes de cette famille. C'est cette lacune que nous avons cherché à combler. Nous verrons que plusieurs genres étaient cités à tort comme n'ayant pas de canaux sécréteurs à la périphérie de la moelle, tandis que d'autres étaient considérés comme possédant ces canaux, alors qu'ils en sont privés. Dans tous les cas, nos recherches portent surtout sur la tige et sur la feuille, qui sont les seuls éléments constants qu'on trouve dans les herbiers.

Tige. — La tige des Simarubacées est souvent recouverte extérieurement par des poils droits, rigides, unicellulaires ou pluricellulaires. Dans ce dernier cas, les cellules sont unisériées. Ces poils sont généralement assez courts, terminés en pointe, et proviennent du prolongement externe d'une cellule épidermique. Ils sont donc insérés dans l'épiderme par un pied généralement élargi et à parois épaisses. La cavité du poil est ordinairement petite, dans très peu de cas elle est large à la base seulement. Le protoplasma qui y est contenu est finement granuleux. Si le poil est long, il est alors plus ou moins flexueux, et de fines cloisons transversales viennent alors le subdiviser en deux ou trois cellules superposées. Ces cloisons transversales sont toujours très réfringentes, cellulosiques et très peu épaisses.

Dans le *Suriana*, à côté de ces poils on trouve des poils

(1) *Ueber die Gliederung der Familie der Sapindaceen* (Sitz. d. mat. phys. K. b. Akad. der k. b. Akademie der Wissensch. zu München, 1890).

(2) *Loc. cit.* (Flora, 1884, p. 295).

(3) *Ueber abnorme Wurzelanschwellungen bei Ailanthus glandulosa* (Inaugural Dissertation. Erlangen, 1894).

capités qui ont la même origine que ceux précédemment décrits. Ils naissent de l'épiderme, la cavité cellulaire des cellules formant le pied est alors assez large, les cloisons transversales sont plus épaisses ; il y a généralement trois ou quatre cellules formant le pied ; quelquefois le pied est réduit à une seule, mais le sommet est toujours composé de plusieurs cellules.

Ces poils qui ont l'aspect de poils sécréteurs n'ont été observés par nous, dans cette famille, que chez le *Suriana*.

L'épiderme de la tige possède ordinairement de petites cellules à parois montrant des épaississements inégaux. La paroi externe est toujours fortement épaissie, elle est ordinairement bombée à la partie extérieure et souvent finement ridée. Les parois latérales sont plus ou moins épaisses, mais les parois internes sont toujours minces et cellulosiques.

Le liège naît partout de l'assise sous-épidermique ; nous avons pu presque toujours observer le début de la formation de ce tissu aux dépens de l'assise sous-épidermique. La cellule qui donnera naissance au liège s'accroît radialement, il s'y forme alors plusieurs cloisons tangentielles et le liège naît de ce cambium.

L'écorce débute presque toujours par des assises collenchymateuses, les cellules sont généralement arrondies, très rarement rectangulaires. Elles contiennent souvent des cristaux ou des macles d'oxalate de calcium. Les cristaux sont octaédriques et assez volumineux. Les macles présentent deux aspects différents; tantôt elles ont une apparence épineuse irrégulière, formées par la juxtaposition de plusieurs gros cristaux, tantôt elles ont une apparence étoilée, régulière, formant alors de grosses macles en oursin. Assez souvent on observe des cellules scléreuses isolées ou groupées par trois ou quatre dans cette zone corticale externe. Les cellules scléreuses sont ordinairement plus grandes que les cellules collenchymateuses. Rarement ces cellules scléreuses ont un épaississement

irrégulier ; les parois s'épaississent et se lignifient sur la paroi interne et sur les parois latérales ; la lumière se rétrécit, s'arrondit ; seule la paroi externe reste cellulosique et mince, de sorte que sur une coupe transversale ou longitudinale, on observe un épaississement qui a plus ou moins la forme d'un croissant (*Castela*); ailleurs l'épaississement gagne la paroi externe, mais alors cette paroi reste beaucoup plus mince (*Samadera*).

L'écorce externe est presque toujours nettement séparée de l'écorce interne par une zone de cellules écrasées. L'écorce interne est formée de cellules généralement plus grandes que celles de l'écorce externe, allongées dans le sens tangentiel et à parois minces ; elles contiennent souvent des macles ou des cristaux d'oxalate de calcium. Cette écorce interne est composée d'un plus petit nombre d'assises cellulaires que l'écorce externe.

Dans deux genres, *Harrisonia* et *Picrella*, on observe quelques cellules corticales contenant de l'oléorésine.

L'écorce du genre *Picramnia* ne présente pas la zone de cellules écrasées, et toutes les cellules corticales sont à parois d'égale valeur.

La tige du *Suriana* montre aussi une écorce sans zone de cellules écrasées, mais en outre ici les cellules des assises périphériques de l'écorce sont plus grandes que les cellules des assises internes, et on n'observe pas de collenchyme dans l'écorce externe.

Enfin, dans les *Irvingia*, *Klainedoxa* et *Picrodendron* l'écorce possède de grandes cellules à contenu mucilagineux.

La tige du genre *Holacantha* ne peut être comprise dans la description générale que nous venons de donner des Simarubacées. L'épiderme est pourvu d'une cuticule très épaisse ; au-dessous des cellules épidermiques on trouve plusieurs rangées de cellules subérifiées. Immédiatement au-dessous de ces couches externes on voit de distance en distance des amas fibreux et entre ces amas fibreux un

tissu assimilateur bien développé ; à la place de l'écorce interne on trouve une zone de grandes cellules dont le contour nous a paru être mucilagineux, puis quelques cellules riches en amidon précédant le liber.

Chez toutes les autres Simarubacées, le péricycle est composé de plusieurs assises de cellules. Les assises les plus externes sont toujours, en tout ou en partie, constituées par des cellules de protection. Ordinairement on observe deux à trois assises de fibres ; ces fibres forment des amas interrompus plus ou moins largement en face des rayons médullaires. Quelquefois les amas de fibres sont assez rapprochés les uns des autres pour constituer un cercle continu, ailleurs ce sont des cellules scléreuses qui réunissent entre eux les amas de fibres péricycliques.

Les *Irvingia* et *Klainedoxa* ont un péricycle formé d'amas fibreux, mais on y observe presque toujours une assise de cellules scléreuses passant extérieurement aux amas fibreux et reliant entre eux les amas de fibres. Ces cellules ont les parois épaissies en croissant.

Le liber est formé de cellules parenchymateuses et de cellules criblées. Les cellules parenchymateuses contiennent souvent des cristaux ou des macles d'oxalate de calcium.

Dans plusieurs cas on observe aussi des amas fibreux dans le liber ; ces amas fibreux forment quelquefois un anneau interrompu de place en place, surtout en face des rayons médullaires. Ailleurs les fibres sont placées sans ordre dans le liber. Enfin dans certains genres le liber est divisé en compartiments libériens qui viennent s'appuyer extérieurement sur les amas de fibres péricycliques, chacun des compartiments libériens étant nettement séparé par les rayons médullaires qui s'évasent vers la périphérie ; ce fait s'observe dans les *Cadellia*, *Hyptiandra* et *Kirkia*.

Le bois est ordinairement composé de parenchyme ligneux à parois assez épaisses et lignifiées de bonne heure. Autour des vaisseaux primaires, on remarque presque par-

tout, un tissu parenchymateux qui reste cellulosique et qui souvent se déchire sous le rasoir.

Les vaisseaux ligneux sont plus ou moins nombreux et plus ou moins larges; mais, d'une manière générale, ils sont plutôt peu larges et en nombre assez restreint. Ils sont ordinairement placés sans ordre apparent et sans qu'il soit possible d'observer des zones alternatives de vaisseaux et de parenchyme ligneux. Ces vaisseaux sont annelés quant aux vaisseaux primaires et ponctués quant aux vaisseaux secondaires. Chez les Simarubacées, qui croissent dans les contrées désertiques, *Castela* et *Holacantha*, on observe un bois qui contient des fibres en plus ou moins grand nombre. Il en est de même dans les *Cadellia*, qui sont des plantes australiennes et dans les *Irvingia*, *Klainedoxa* et *Picrodendron*.

Dans ces trois derniers genres on voit de l'oléorésine dans les vaisseaux situés vers le centre de la tige; ce fait s'observe aussi ailleurs et alors même qu'il y a des canaux sécréteurs dans la moelle.

Les rayons médullaires sont unisériés; et ils se poursuivent unisériés dans le liber jusqu'au péricycle, sauf dans les *Cadellia*, *Hyptiandra* et *Kirkia*, chez lesquels les rayons médullaires s'élargissent à la périphérie du liber en circonscrivant des amas du tissu libérien.

Il faut noter aussi que dans les *Ailanthus*, nous avons observé des rayons médullaires plurisériés, dans une espèce *A. glandulosa*; mais nous n'avons étudié de cette espèce que des spécimens d'origine européenne, toutes les espèces d'*Ailanthus* qui croissent dans les régions tropicales ont des rayons médullaires unisériés, et il est possible que sous une influence climatérique l'allure générale des rayons médullaires puisse se modifier.

La moelle se lignifie de bonne heure à sa périphérie, englobant, là où ils existent, les canaux sécréteurs périmédullaires; au centre, elle se lignifie aussi, mais un peu plus tardivement. Les cellules sont grandes, à parois plus ou

moins épaisses, et contiennent généralement des cristaux et des macles d'oxalate de calcium.

Les *Harrisonia* sont les seules qui présentent une moelle à cellules hétérogènes, composée de grandes cellules rayonnant autour d'une petite cellule arrondie. Ces petites cellules sont en files longitudinales, superposées les unes au-dessus des autres.

Dans plusieurs genres on trouve, à la périphérie de la moelle, des canaux sécréteurs. Ces canaux semblent dans certains cas (*Ailanthus glandulosa*, par exemple), presque situés dans la pointe centrale ligneuse. Les genres pourvus de canaux sécréteurs périmédullaires sont: *Simaruba*, *Simaba*, *Oldyendea*, *Hannoa*, *Eurycoma*, *Brucea*, *Picrasma*, *Picrolemma*, *Ailanthus*, *Soulamea*, *Picrocardia*, *Amaroria*. La présence des canaux médullaires n'est pas constante chez toutes les espèces de *Simaba*, la plupart possèdent des canaux sécréteurs, mais nous avons trouvé six espèces qui en étaient dépourvues.

Dans les *Irvingia*, *Klainedoxa*, la moelle est formée de cellules à parois très minces et il s'y creuse des lacunes à mucilage. Chez le *Picrodendron* les cellules médullaires sont à parois lignifiées, mais les lacunes mucilagineuses, moins nombreuses que dans les deux genres précédents, existent aussi.

Pétiole. — Le pétiole a aussi une structure assez constante chez les Simarubacées. L'épiderme est souvent prolongé en poils externes, de même nature et de même structure que ceux de la tige. Il présente les mêmes caractères que celui de la tige. L'écorce ordinairement assez épaisse est fortement collenchymateuse dans sa zone externe. Les parois cellulaires sont épaisses et cellulosiques ; les cellules contiennent des cristaux ou des macles d'oxalate de calcium en plus grand nombre que dans la tige. Alors même que l'écorce de la tige ne contienne pas d'oxalate de calcium, le pétiole en a dans sa partie corticale. Les cristaux sont gros et très apparents.

Les fibres péricycliques sont en petit nombre. Le liber et le bois présentent les mêmes caractères que dans la tige. Le pétiole prend trois faisceaux à la tige.

Le faisceau libéro-ligneux forme un cercle concentrique complet qui entoure ainsi une partie médullaire dans laquelle on observe un ou plusieurs petits faisceaux libéro-ligneux inclus dans le faisceau principal. Le faisceau libéro-ligneux reste concentrique, mais il n'y a pas de faisceau inclus dans les *Picramnia* et *Alvaradoa*. Assez souvent les canaux sécréteurs périmédullaires de la tige accompagnent les faisceaux foliaires et existent alors dans le pétiole.

Dans les *Samadera*, on observe un fait assez intéressant; le faisceau libéro-ligneux forme dans le pétiole un cercle concentrique, puis du côté supérieur il se produit une invagination en doigt de gant du cylindre central; le péricycle est entraîné dans cette invagination, de telle sorte qu'il se forme bientôt une anse interne contenant au centre quelques fibres du péricycle, entouré de liber, et périphériquement un cercle ligneux. La partie invaginée pénètre dans la moelle, et finalement on trouve un faisceau libéro-ligneux normal, externe, enfermant dans la partie médullaire un faisceau libéro-ligneux dans lequel on observe quelques fibres péricycliques centrales entourées par un liber concentrique, entouré lui-même par un cercle ligneux périphérique.

Dans le *Suriana* le faisceau libéro-ligneux reste ouvert, il ne prend qu'un faisceau à la tige.

Dans les *Irvingia*, *Klainedoxa* et *Picrodendron*, l'écorce du pétiole contient de grandes cellules mucilagineuses et au centre du pétiole, dans la moelle, on remarque une lacune mucilagineuse.

Feuille. — La feuille porte souvent des poils, surtout à la face inférieure. Ordinairement les poils sont portés uniquement sur les nervures, plus rarement sur toute la surface.

Les stomates sont entourés de quatre, cinq, ou six cellules de bordure et ne s'observent qu'à la face inférieure.

Dans les *Irvingia*, *Klainedoxa* et *Picrodendron*, il y a quatre cellules de bordure, deux placées latéralement semblent doubler les cellules formant les lèvres du stomate et deux sont placées aux deux pointes de l'ostiole. Cette disposition ne se voit jamais chez les autres Simarubacées.

Dans le *Suriana*, on trouve des stomates sur les deux faces de la feuille.

Les parois des cellules épidermiques, vues de face, sont ordinairement rectilignes, rarement ondulées. Il y a quelquefois dans les différentes espèces d'un même genre, des parois rectilignes et des parois ondulées (*Simaba*, par exemple).

Enfin, il faut signaler un certain nombre de cellules épidermiques de la face inférieure dont la paroi externe forme des papilles (*Simaruba*, *Oldyendea*, *Eurycoma*); il arrive quelquefois que l'on rencontre dans un même genre des espèces avec des cellules à papilles et des espèces n'en contenant pas (*Ailanthus*, *Kirkia*).

Les cellules épidermiques sont ordinairement larges et pourvues à l'extérieur d'une membrane épaisse. Dans certains cas, la cellule épidermique porte une ou plusieurs cloisons transversales, découpant une petite cellule vers l'extérieur et une grande cellule vers l'intérieur, la cellule interne jouant le rôle d'un hypoderme; ailleurs l'hypoderme est très net et très large. Ces faits s'observent dans les : *Oldyendea*, *Hannoa*, *Castela*, *Picrocardia*, *Soulamea* et *Amaroria*. Chez les *Castela* l'hypoderme existe sur les deux faces : ce fait n'a rien d'exceptionnel, car le genre *Castela* est composé d'espèces xérophiles. Parmi les espèces du genre *Ailanthus* étudiées par nous, seul l'*A. calycina* a montré un hypoderme.

Le tissu assimilateur est composé d'une ou deux rangées de cellules en palissade. Souvent ces cellules en palissade sont interrompues par une cellule plus large, dans laquelle se remarque une grosse macle d'oxalate de calcium (*Brucea*, par exemple), ou même un contenu oléorésineux (*Ailanthus*).

Les macles sont plus particulièrement situées autour des faisceaux libéro-ligneux constituant les nervures de la feuille. Les cellules en palissade ont quelquefois leurs parois latérales ondulées et chez les *Simaba* on voit ces cellules se réduire considérablement dans le sens de leur longueur et devenir presque rectangulaires. Le tissu lacuneux est souvent formé de cellules ramifiées, c'est la règle dans les feuilles où existent des sclérites. Ailleurs les cellules laissent des méats très restreints. Dans un seul cas le tissu lacuneux manque presque complètement (*Ailanthus excelsa*). Partout ailleurs, la feuille ne possède de tissu palissadique que sur la face supérieure; ce tissu est considérablement réduit dans les espèces du genre *Simaba*, où en même temps on observe des parois ondulées aux cellules palissadiques.

Dans le *Suriana*, le tissu palissadique est bien développé au-dessous de chaque épiderme.

Les sclérites existent souvent dans les feuilles de Simarubacées : chez les *Mannia*, *Hyptiandra*, *Simaruba*, *Simaba*, *Oldyendea*, *Quassia*, *Hannoa*, *Eurycoma*.

Chez les espèces du genre *Castela* on trouve de loin en loin une cellule de même longueur que les cellules en palissade et pourvue de cloisons épaisses et lignifiées ; cette cellule peut être considérée comme un sclérite. Ces sclérites sont tantôt ramifiés (*Mannia*, *Simaruba*, *Oldyendea*, *Hannoa*), tantôt droits et plus ou moins flexueux (*Quassia*, *Hyptiandra*, *Simaba*, *Eurycoma*). Dans le premier cas ils s'appuient sur les épidermes supérieur et inférieur ; dans le second cas, ils sont flexueux et courent souvent parallèlement à la surface libre de la feuille.

Chez les *Irvingia*, *Klainedoxa* et *Picrodendron*, les nervures de la feuille sont constituées par des faisceaux libéro-ligneux protégés par un épais tissu fibreux; ce tissu de protection s'appuie directement sur les épidermes supérieur et inférieur interrompant les tissus palissadique et lacuneux.

Conclusion. — Telles sont les observations que nous avons

pu faire en étudiant les caractères anatomiques des vingt-huit genres que comprend la famille des Simarubacées.

La conclusion que nous tirerons de cette étude d'anatomie comparée, c'est que, s'il n'y a pas de caractères anatomiques constants, permettant de distinguer les Simarubacées, du moins, il y a un ensemble de caractères qui permet de considérer les Simarubacées comme une famille autonome, à condition d'en exclure les *Suriana* et *Holacantha*.

Dans ces conditions, on voit que quinze genres sont pourvus soit de canaux sécréteurs médullaires, soit de sclérites. Nous trouvons des canaux sécréteurs et des sclérites, dans les cinq suivants : *Simaruba*, *Oldyendea*, *Hannoa*, *Eurycoma* et *Simaba* ; dans ce dernier genre la présence des canaux n'est pas constante, mais ils existent dans la plupart des espèces; remarquons aussi que les trois premiers genres ont des sclérites ramifiés, tandis que les deux derniers ont des sclérites non ramifiés.

Les sclérites existent seuls dans les *Mannia*, *Hyptiandra*, *Quassia* et *Castela* ; de ces quatre genres le dernier n'a de courts sclérites que dans une seule espèce, et le premier seulement possède des sclérites ramifiés; cinq genres sont pourvus de canaux sécréteurs médullaires, sans avoir de sclérites dans les feuilles : ce sont les *Brucea*, *Picrasma*, *Picrolemma*, *Ailanthus*. *Soulamea* (incl. *Picrocardia*) (1) et *Amaroria*.

A côté de ces quinze genres il faut signaler de suite les *Harrisonia* et *Picrella*, qui ne possèdent pas de canaux sécréteurs médullaires, mais qui, par contre, sont pourvus de cellules oléorésineuses dans l'écorce, et dont les vaisseaux du bois contiennent aussi de l'oléorésine.

Ces dix-sept genres constituent la majorité des Simarubacées ; ils ont aussi de nombreuses affinités au point de vue des caractères morphologiques; onze d'entre eux étaient compris par Planchon, lorsqu'il créa la famille des Simaru-

(1) Nous renvoyons au paragraphe concernant les *Picrocardia* et *Soulamea* de la seconde partie pour justifier cette manière de voir.

bacées, et les autres genres sont pour la plupart de date récente.

Les *Cadellia* et *Kirkia* présentent un caractère anatomique commun; car tous deux ont un liber divisé nettement en compartiments par les rayons médullaires qui s'élargissent vers la périphérie, caractère qui se retrouve d'ailleurs dans les *Hyptiandra*, dont les feuilles sont pourvues de sclérites. Il faut en outre observer que les *Cadellia* et *Hyptiandra* sont des plantes australiennes, tandis que les *Kirkia* sont originaires de l'Afrique du Sud. Ces deux genres unis ainsi aux Simarubacées vraies par les *Hyptiandra* ne peuvent être séparés du groupe fondamental de cette famille.

Les *Samadera* ne possèdent ni sclérites, ni canaux sécréteurs médullaires; d'autre part, ils possèdent des faisceaux centraux dans le pétiole et des feuilles entières qui en font un genre facile à distinguer parmi les Simarubacées, mais les caractères morphologiques tirés de la fleur et du fruit surtout les lient étroitement aux genres que nous venons de citer; du reste l'ensemble des caractères anatomiques permettrait encore très bien, malgré la structure du faisceau central du pétiole, de ne pas séparer ce genre de la famille des Simarubacées.

On peut donc admettre au point de vue anatomique les dix-neuf premiers genres comme constituant le groupe des Simarubées; les *Samadera*, qui se différencient par leurs feuilles simples et l'anatomie spéciale du pétiole, étant très voisins, et formant à eux seuls le groupe des Samadérées.

La plupart des auteurs considèrent les *Picramnia* comme étant une tribu distincte; les caractères anatomiques permettent cette distinction, par le caractère tiré du pétiole; le faisceau libéro-ligneux du pétiole ne contient pas de faisceau inclus; de plus, le pétiole des folioles n'a plus qu'un faisceau libéro-ligneux ouvert. Ces caractères se retrouvent dans les *Alvaradoa*. Or, si malgré l'apotropie des ovules constatée dans ce genre, on veut le maintenir parmi les Simarubacées, c'est bien auprès des *Picramnia* qu'il doit

prendre place. Radlkofer et Engler les considèrent comme voisins.

Ces deux genres peuvent dès lors, au point de vue anatomique, constituer la tribu des Picramniées.

Il nous reste maintenant à parler des trois genres : *Klainedoxa*, *Irvingia* et *Picrodendron*. La présence des cellules et des lacunes mucilagineuses dans ces trois genres, ainsi que la différence qui s'observe dans la position des cellules de bordure des stomates, semblent pouvoir faire admettre la réunion de ces genres en une tribu. Qu'il nous soit permis de faire observer que Pierre a déjà émis l'idée que les *Irvingia* et *Klainedoxa* devraient être considérés comme formant la famille des Irvingiacées. D'autre part, Baillon, qui ne connaissait pas encore les *Klainedoxa* lors de la publication de son *Histoire des plantes*, dit qu'on ne peut sans contestation attribuer les *Irvingia* au groupe des Quassiées.

Quelle que soit l'opinion acceptée, nous rappelons que dans le résumé des caractères anatomiques donné plus haut, nous avons été presque toujours obligé de mentionner à part les caractères de ces trois genres. Il est donc incontestable qu'au point de vue anatomique ils peuvent être nettement différenciés des autres Simarubacées. Si donc on les maintient dans cette famille, il faut les opposer à toutes les autres Simarubacées et les considérer tout au moins comme une sous-famille.

Place du Suriana. — Nous avons déjà vu que certains caractères anatomiques mettaient le *Suriana* un peu en dehors des Simarubacées. Nous n'avons observé que dans cette plante les caractères suivants : poils glanduleux externes sur la tige et sur la feuille, écorce interne formée de cellules plus petites que celles de l'écorce externe, pétiole avec un faisceau ouvert et ne recevant qu'un faisceau de la tige, stomates situés sur les deux faces, tissu palissadique bien développé sur les deux faces de la feuille. Ce dernier carac-

tère se retrouve chez quelques Simarubacées (*Ailanthus calycina*, p. ex.) mais il doit être considéré comme exceptionnel.

Du reste, plusieurs auteurs ont déjà considéré le genre *Suriana* comme formant à lui seul, soit une famille soit une tribu. Il a été placé tour à tour près des Crassulacées (Linné), parmi les Spiréacées (de Jussieu), près des Térébinthacées (de Candolle), des Connaracées (Endlicher, Planchon), des Géraniacées (Lindley). J.-G. Agardh (1) en fait une famille qu'il considère comme très voisine des Généraniacées. Bentham et Hooker, Engler, placèrent le *Suriana* parmi les Simarubacées, mais Baillon en fit une tribu des Rutacées, au même titre que les Quassiées, Cnéorées, etc...

Cet auteur écrit à propos de cette plante (2) : « Les *Suriana* ont été dans ces derniers temps rapportés aux Simarubacées. Ils n'en ont pas l'amertume ; par leur corolle, l'organisation de leur gynécée, ils présentent de grandes affinités avec les Ochnacées. Nous en ferons, à cause des particularités constatées dans leurs ovules, leurs fruits, leurs graines, une petite série ou tribu, voisine à la fois des Simarubées, des Zanthoxylées et des Cnéorées. Une autre affinité qui paraît incontestable est celle des Biebersteiniées. Lindley a autrefois franchement placé les *Biebersteinia* parmi les Rutées. D'autre part, il est incontestable, comme l'admettent MM. Bentham et Hooker, que par leurs organes de végétation, leur corolle et leur androcée, ils représentent une forme à carpelles indépendants des Géraniées ; et c'est là le lien le plus étroit qui existe entre ce dernier groupe et celui des Rutacées. D'ailleurs les *Biebersteinia* n'ont dans chacun de leurs carpelles qu'un seul ovule incomplètement anatrope, tandis que les *Suriana* en ont généralement deux. Mais la position du micropyle est la même dans les deux genres, en haut et en dehors. L'androcée diplostemoné et les cinq carpelles indépendants sont les mêmes de part et

(1) *Theoria systematis plantarum*, 1858, p. 169.
(2) *Adansonia*, X, p. 299.

d'autre. On peut dire qu'il n'y a là entre les deux familles qu'une limite de convention. »

Nous pensons que les caractères anatomiques justifient cette manière de voir basée uniquement sur les caractères de morphologie externe, et de même que les Cnéorées de Baillon sont aujourd'hui considérées comme une famille, de même nous pensons qu'il faut considérer le tribu des Surianées de Baillon comme une famille spéciale ayant des affinités d'une part avec les Simarubacées et d'autre part avec les Géraniacées.

Place des Holacantha. — Si l'on se rapporte à la description que nous donnons de la tige de cette plante on est immédiatement frappé des différences anatomiques qui la séparent de toutes les autres Simarubacées. La plante étant une plante désertique, aphylle, on s'attend bien à trouver un épiderme à parois externes épaisses et fortement cutinisées, ainsi qu'un tissu assimilateur développé au-dessous de cet épiderme. Ce sont des caractères d'adaptation constants chez toutes les plantes xérophiles qui sont dépourvues de feuilles; et nous ne devons pas en tenir compte au point de vue de la classification. Mais il faut insister sur ce que des amas fibreux qui sont constamment placés chez les Simarubacées, dans la région péricyclique protégeant directement le libre soient dans l'*Holacantha*, immédiatement au-dessous de l'épiderme, et sur ce que, au-dessous du tissu assimilateur, on trouve une région formée de plusieurs assises de cellules qui sont, les unes à contenu mucilagineux et les autres riches en amidon : cette région précédant directement le liber. Il n'y a plus ici aucun tissu protecteur en dehors du liber. Or la présence du tissu fibreux péricyclique est constante non seulement dans les tiges des Simarubacées, mais dans les tiges d'un très grand nombre de familles voisines, et on ne peut guère admettre que ce caractère fasse défaut dans une Simarubacée. Si l'on compare la structure de la tige de l'*Holacantha* à celle des *Castela*, genre près duquel on l'a jusqu'ici placé, on voit que l'anatomie de ces

plantes est très différente, et il nous paraît difficile de ne pas exclure le genre *Holacantha* des Simarubacées.

Il faut rappeler que, si tous les auteurs jusqu'ici ont placé ce genre dans cette famille, quelques-uns ont exprimé des doutes sur la ligitimité de cette opinion. Baillon le considère comme un genre mal connu; il n'a pas vu la plante, mais d'après la description et la figure publiées, il lui trouve l'aspect des *Kœberlinia* et des affinités aussi avec les *Astrophyllum*. Nous n'avons pas fait l'anatomie de ce dernier genre, mais celle du genre *Kœberlinia* est bien connue et ne rappelle en rien celle que nous voyons ici.

La structure de la tige des *Kœberlinia*, ainsi que celle des *Balanites*, se rapprochent davantage de celle des Simarubacées, que celle des *Holacantha* ne s'en rapproche. Dans les premières plantes, les amas fibreux péricycliques existent et protègent le liber, or dans *Holacantha* il n'en est plus de même.

D'autre part, les caractères tirés de la morphologie florale ne paraissent pas s'opposer à l'exclusion de ce genre des Simarubacées.

La fleur de *Holacantha* possède cinq à huit pièces à tous les cycles floraux, or dans aucune Simarubacée ce cas ne s'observe : la fleur des Simarubacées marque plutôt une tendance vers la réduction que vers la multiplication dans le nombre des pièces de chaque cycle floral; les fleurs ont trois, quatre ou cinq pièces à chaque cycle; seul le genre *Cadellia* présente quelquefois 6 à 7 sépales, mais le nombre des étamines reste de dix, comme une indication du type pentamère, et le gynécée marque une réduction plus grande puisqu'il comprend de un à cinq carpelles. Si on traduit par des formules la fleur de ces deux genres on a :

Cadellia = 5 (rarement 6-7) S + 5P + 5E + 5E' + (1-5) C
Holacantha = 5S + (5-8) P + (5-8) E + (5-8) E' + (5 8) C

Il résulte clairement de la comparaison de ces deux formules que l'on ne se trouve pas en présence de tendances

semblables et de fleurs comparables. La fleur des *Holacantha* semble nettement marquer une tendance à la multiplication dans le nombre de toutes les pièces de chaque cycle.

Donc les caractères de morphologie externe et les caractères de morphologie interne autorisent l'exclusion des *Holacantha* de la famille des Simarubacées.

En attendant de nouvelles recherches sur les affinités de ce genre, nous pensons qu'on doit le considérer comme constituant à lui seul la famille des Holacanthacées.

PARTIE SPÉCIALE

DIVISION DE LA FAMILLE (1)

A. Carpelles biovulés, libres, à styles libres. Filets staminaux sans écailles ligulaires.

A. Surianoïdées.

I. SURIANÉES........... 1. *Surianées*

B. Carpelles uniovulés, unis par les styles ou complètement unis.

B. Simaruboïdées.

a. Filets staminaux pourvus d'écailles ligulaires.

II. SIMARUBÉES.

α. Carpelles libres, mais styles soudés.
1. Androcée pléiostémoné................ 2. *Manninées*.
2. Androcée obdiplostémoné............. 3. *Simarubinées*.
3. Androcée obdiplostémoné, mais 5 staminodes............................. 4. *Eurycominées*.
β. Carpelles et styles libres.................. 5. *Harrisoniinées*.

b. Filets staminaux sans ligules.

III. PICRASMÉES.

α. Carpelles libres, styles unis à la base.
I. Fruit non ailé.
1. Androcée obdiplostémoné......... 6. *Castelinées*.
2. Androcée haplostémoné, étamines alternipétales..................... 7. *Picrasminées*.
3. Étamines oppositipétales.......... 8. *Picrolemminées*.
II. Fruit ailé.
Androcée obdiplostémoné........... 9. *Ailanthinées*.
β. Carpelles soudés.
I. Styles libres.
1. Fruit drupacé, restant entier......

IV. SOULAMÉES........... 10. *Soulamées*.

2. Fruit total se séparant en 4 fruits partiels suspendus à un carpophore.

V. KIRKIÉES............ 11. *Kirkiées*.

VI. IRVINGIÉES.......... 12. *Irvingiées*.

C. 2-3 carpelles soudés chacun avec 2 ovules suspendus.

(1) D'après Engler, in *Engler et Prantl. Pflanzenfamilien*, t. III, Abtheil IV-V, p. 207.

C. **Picramnioidées.**

VII. PICRAMNIÉES......... 13. *Picramniées.*

D. **2-3 carpelles soudés, 2 stériles, le troisième avec 2 ovules basilaires, leur micropyle dirigé en bas.**

D. **Alvaradoidées.**

VIII. ALVARADOÉES........ 14. *Alvaradoées.*

SURIANOÏDÉES

SURIANÉES

Cinq carpelles biovulés, libres, à styles libres. — Androcée diplostémoné, étamines sans écailles ligulaires, fruits à parties constituantes indépendantes.

A. Arbrisseaux, feuilles sans stipules, anthères rondes.................................. *Suriana.*
B. Arbres, feuilles avec petites stipules caduques anthères ovales......................... *Cadellia.*

Suriana L.

CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES. — Arbustes de 1 à 2 mètres de haut, à tiges couvertes d'un duvet blanchâtre. Les feuilles sont simples, alternes, très rapprochées les unes des autres, et couvertes de poils.

Les fleurs sont jaunes, hermaphrodites, régulières. Il y a cinq sépales concrescents à la base, persistants. Cinq pétales alternes, de même longueur que les sépales. Dix étamines, cinq grandes opposées aux sépales, cinq petites opposées aux pétales, stériles quelquefois. Les filets sont libres, aplatis à la base, puis longuement tubulées. Les anthères sont biloculaires, introrses, déhiscentes par deux fentes longitudinales. Disque peu distinct. On compte cinq carpelles libres, opposés aux pétales, chaque ovaire est couvert de longs poils grisâtres, le style est inséré vers la base de son angle interne, il est filiforme. Les ovules sont au nombre de deux dans chaque carpelle, ils sont anatropes.

Le fruit est composé de trois à cinq drupes, presque sèches, contenant chacun une seule graine campylotrope; l'embryon est recourbé oblong.

HABITAT. — Littoral des mers tropicales.

NOMBRE DES ESPÈCES. — Une.

ESPÈCE ÉTUDIÉE. — *S. maritima* L. (Herb. Montpellier).

CARACTÈRES ANATOMIQUES. — *Tige* (fig. 1). — L'épiderme externe porte des poils rigides nombreux, à cavité restreinte et des poils glanduleux. Les cellules épidermiques ont leurs parois externes épaissies. Liège naissant dans les premières assises de l'écorce. Écorce formée de cellules arrondies, les cellules des assises externes sont plus grandes que les cellules des assises internes, ces cellules passent peu à peu des unes aux autres. Le péricycle montre des amas fibreux, irréguliers. Liber présentant quelques macles d'oxalate de calcium. Bois homogène, avec des vaisseaux à lumen restreint. Moelle formée de cellules dont les parois se lignifient de bonne heure, mais sans s'épaissir.

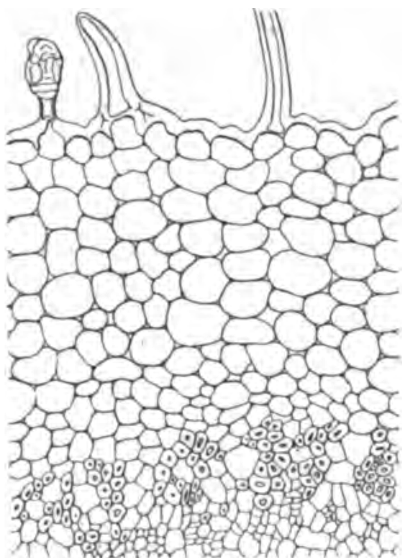


Fig. 1. — *Suriana maritima*. Écorce, péricycle fibreux et liber externe de la tige; coupe transversale (gr. = 250 environ).

Pétiole. — L'écorce participe des caractères anatomiques de celle de la tige. Les poils sont très nombreux. Le faisceau libéro-ligneux forme un seul arc ouvert. Il ne prend à la tige qu'un seul faisceau.

Feuille. — Les surfaces supérieure et inférieure sont couvertes de poils, les uns sont tout simplement protec-

teurs, les autres glanduleux. Dans ce dernier cas, ces poils, semblables à ceux de la tige, ont un pédicelle allongé, formé de deux à trois cellules superposées et terminées par une tête oblongue, pluricellulaire. On trouve des stomates sur les deux faces.

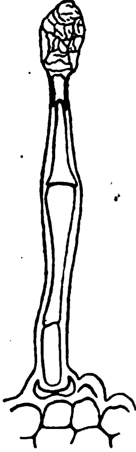


Fig. 2. — *Suriana maritima*. Poil sécréteur (gr. = 350 env.).

En coupe, on voit l'épiderme supérieur composé de cellules irrégulières, tantôt grandes, tantôt petites : le tissu palissadique est formé d'une rangée de cellules; au-dessous on observe six à sept rangées de cellules aplaties; puis on retrouve une rangée de cellules en palissade s'appuyant sur l'épiderme de la face inférieure.

Remarque. — Le genre *Suriana* présente, au point de vue anatomique, des caractères différant de ceux que l'on observe chez les autres Simarubacées. Ces caractères spéciaux au *Suriana* sont : la présence de poils glanduleux pédicellés, la présence des stomates sur les deux faces de la feuille; la présence des cellules palissadiques sur les deux faces de la feuille, le pétiole qui possède un faisceau libéroligneux ouvert et qui ne prend à la tige qu'un seul méristèle; fait déjà signalé par Pierre, et que nous avons pu vérifier; enfin l'absence d'une zone de cellules écrasées séparant l'écorce externe de l'écorce interne.

Cadellia F. Muell.

Caractères morphologiques. — Arbres à rameaux minces. Les feuilles sont alternes, simples, avec des stipules petites et caduques.

Les fleurs sont assez grandes et possèdent deux petites préfeuilles; elles sont solitaires à l'axe des feuilles, ou groupées par deux ou quatre. Les sépales sont ordinaire-

ment au nombre de cinq, rarement six à sept; ils sont imbriqués. Les pétales sont grands, plus longs que les sépales. Les étamines sont au nombre de dix, disposées en deux cycles, les plus grandes étant opposées aux pétales. Les filets sont filiformes. Les carpelles sont au nombre de cinq ou d'un : ils sont libres et opposés aux pétales. Le style filiforme est inséré dans l'angle interne ou près de la base. Dans chaque carpelle il ya deux à quatre ovules, à micropyle introrse et supère. Le fruit est drupacé et ne possède ordinairement qu'une graine à embryon recourbé.

HABITAT. — Australie subtropicale.

NOMBRE DES ESPÈCES. — Deux.

ESPÈCES ÉTUDIÉES. — *C. pentastylis* F. Muell. (Herb. Muséum Paris). *C. monostylis* F. Muell. (Herb. Muséum Paris).

CARACTÈRES ANATOMIQUES. — *Tige* (fig. 3). — Le liège naît de l'assise sous-épidermique. L'écorce est homogène,

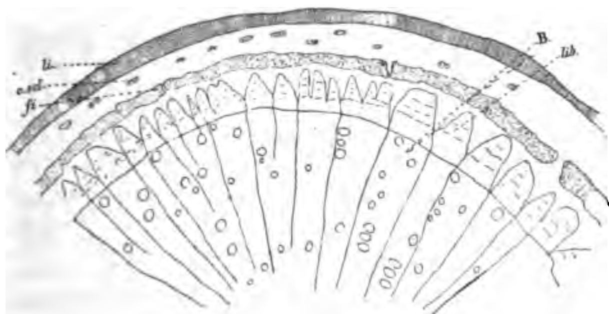


Fig. 3. — *Cadellia pentastylis*. Schéma de la tige (gr. = 60 env.). — *li*, liège ; *c. scl*, cellules scléreuses isolées ou formant de petits amas ; *fi*, péricycle fibreux et scléreux ; *lib*, liber ; *B*, bois.

formée de cellules polyédriques irrégulières, à parois cellulosiques, épaisses; dans l'écorce on observe des cellules scléreuses isolées ou groupées par deux ou trois, il y a aussi des cristaux octaédriques d'oxalate de calcium; ces cristaux sont surtout abondants dans les assises les plus internes de l'écorce, dans la partie avoisinant le péricycle. Le péricycle est formé d'un nombre restreint de fibres; mais, extérieurement à ces fibres, il y a de grosses cellules scléreuses qui les protègent. Ces cellules scléreuses forment un

cercle presque continu. Le liber se compose de plusieurs assises de cellules, il est riche en cristaux d'oxalate de calcium, parmi lesquels on observe quelques macles; il contient également des fibres formant des rangées régulières et parallèles. Les amas libériens sont nettement séparés par les rayons médullaires; ceux-ci vont en s'élargissant vers la périphérie. Le bois est composé de fibres ligneuses et de cellules parenchymateuses; ces dernières contiennent souvent des cristaux octaédriques d'oxalate de calcium.

Les rayons médullaires sont unisériés. La moelle est réduite, composée de cellules à parois très épaisses, lignifiées et la plupart contiennent un gros cristal d'oxalate de calcium.

Pétiole. — L'épiderme est formé par des cellules à parois externes épaissies, portant quelques poils courts et rigides. L'écorce est épaisse, collenchymateuse, parsemée de cellules

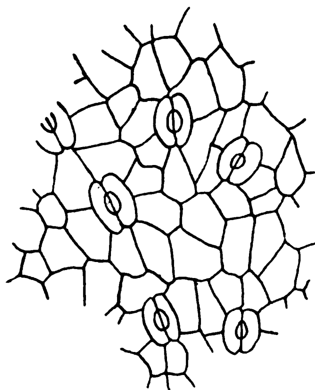


Fig. 4. — *Cadellia pentastylis.* Face inférieure de la feuille (gr. 250 env.).

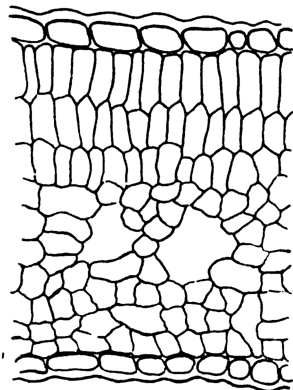


Fig. 5. — *Cadellia pentastylis.* Feuille; coupe (gr. = 250 env.).

scléreuses; les cristaux d'oxalate de calcium y sont nombreux. Les faisceaux libéro-ligneux forment un cercle concentrique oblong, qui se scinde bientôt en plusieurs faisceaux.

Feuille. — Les surfaces supérieure et inférieure ne portent pas de poils; les stomates ne s'observent que sur la

face inférieure, ils sont entourés par cinq à six cellules (fig. 4). En coupe, les épidermes montrent des cellules dont les parois externes sont fortement épaissies; le tissu palissadique se compose de deux à trois rangées de cellules (fig. 5); le tissu lacuneux est formé de cellules irrégulières, laissant entre elles quelques larges lacunes. On trouve quelques macles d'oxalate de calcium dans le tissu foliaire; ces macles sont situées soit dans le tissu palissadique, soit dans le tissu lacuneux; elles ne sont pas contenues dans des cellules plus grandes que les cellules ordinaires du tissu où on les observe.

Remarque. — Plusieurs auteurs ont rapproché le *Cadellia* du *Suriana*, mais les caractères anatomiques marquent des différences entre ces deux genres. Les *Cadellia* présentent des caractères anatomiques qui sont ceux des Simarubacées et, sauf l'homogénéité de l'écorce, nous ne retrouvons ici aucun des caractères que nous avons signalés comme étant particuliers au *Suriana*.

SIMARUBOIDÉES

MANNINÉES

Mannia Hook. f.

CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES. — Arbres à feuilles alternes, pennées, pétiole court, folioles brièvement pétiolées, linéaires, oblongues, obliques à la base. La feuille est dure et la nervure médiane fait saillie.

Les fleurs sont rouges, belles, axillaires, brièvement pédonculées, réunies en cymes. Les fleurs sont hermaphrodites. Il y a cinq sépales, imbriqués, réunis vers la base ; cinq pétales alternes, obtus, imbriqués; quinze à dix-huit étamines insérées à la base d'un disque à cinq lobes épais, cupuliforme. Les filets sont épais, élargis à la base, unis entre eux, pourvus d'une écaille avec de petits poils ; les anthères sont longues, introrses. Il y a cinq carpelles oppo-

sés aux pétales ; les styles sont unis à la base, mais divisés en cinq lobes au sommet. Dans chaque carpelle il y a un ovule ascendant épitrope. Le fruit n'est pas connu.

HABITAT. — Afrique tropicale occidentale.

NOMBRE DES ESPÈCES. — Une.

ESPÈCE ÉTUDIÉE. — *M. africana*. Hook f. (Herb. Pierre).

CARACTÈRES ANATOMIQUES. — *Tige*. — Épiderme à cuticule plissée, avec liège naissant dans l'assise sous-épidermique.

L'écorce externe est collenchymateuse, passant peu à peu à l'écorce interne. Les cellules corticales externes sont arrondies, pourvues de parois ondulées, les cellules corticales internes sont allongées dans le sens tangentiel. Pas d'oxalate de calcium dans l'écorce. Le péricycle est formé d'amas fibreux isolés les uns des autres, épais de six à sept assises de fibres. Le liber est continu, sans fibres, avec quelques rares cristaux octaédriques d'oxalate de calcium. Le bois ne présente pas de fibres, il y a un petit nombre de vaisseaux; les vaisseaux du bois primaire restent entourés de quelques cellules à parois minces non lignifiées. Les rayons médullaires sont unisériés. La moelle se compose de grandes cellules à parois minces. Il n'y a pas de canaux sécréteurs périmédullaires.

Pétiole. — L'épiderme a une cuticule lisse. L'écorce est collenchymateuse, riche en cristaux d'oxalate de calcium dont quelques-uns sont maclés. Le liber contient de nombreux cristaux d'oxalate. Le faisceau libéro-ligneux est concentrique, il embrasse des faisceaux libéro-ligneux en nombre variable.

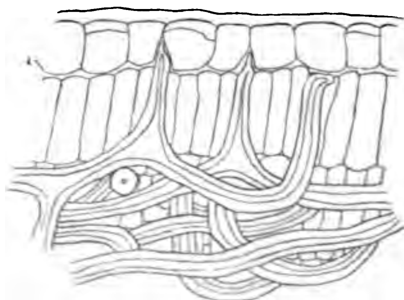


Fig. 6. — *Mannia africana*. Feuille; coupe de la partie supérieure (gr. = 250 env.).

Feuille. — La feuille ne porte pas de poils, les stomates sont, sur la face inférieure, entourés de quatre à cinq cellules.

Il y a deux rangées de cellules en palissade; le tissu lacuneux est composé de cellules présentant des sortes de ramifications. Les sclérites sont très nombreux, ils sont ramifiés à parois épaisses, présentant des ramifications qui s'insinuent entre les cellules palissadiques et vont s'appuyer sur la paroi interne de la cellule épidermique ou par une pointe effilée qui s'appuie sur la paroi latérale séparant deux cellules épidermiques (fig. 6). Des ramifications vont aussi rejoindre l'épiderme inférieur de la feuille.

Remarque. — Il faut signaler dans le genre *Mannia* la présence des sclérites de la feuille, caractère que nous retrouverons dans un certain nombre de Simarubacées.

SIMARUBINÉES

. Cinq carpelles, chacun pourvu d'un ovule pendant au sommet; libres. Styles cohérents. Androcée obdiplostémone. Filets avec une ligule à la base. Fruits indépendants.

A. Feuilles entières.
- *a*. Fleurs pédonculées, en fausses ombelles : longs pédoncules, fruits avec un péricarpe épais ligneux... 4. *Samadera*.
- *b*. Fleurs brièvement pédonculées en fascicules axillaires.. 5. *Hyptiandra*.

B. Feuilles pennées.
- *a*. Disque plus ou moins hémisphérique, laineux.... 6. *Simaruba*.
- *b*. Disque renflé en un fort bourrelet ou presque en forme de colonne.
  - α. Calice régulier; pentamère.
    - I. Fleurs nombreuses en panicules.
      - 1. Pétales à préfloraison valvaire........... 7. *Simaba*.
      - 2. Pétales légèrement imbriqués............ 8. *Oldyendea*.
    - II. Fleurs en grappes. Folioles des feuilles pennées, lancéolées, acuminées.............. 9. *Quassia*.
  - β. Calice entièrement clos au début puis fendu en 3-4 ou 2 segments inégaux.................. 10. *Hannoa*.

Samadera Gærtn.

SYNONYMIE : *Samandura*. L. partim. — *Locandia*, Adans. — *Niota* Lan. — *Wittmannia* Vahl. — *Biporeia* Thouars. — *Ma-*

nungala Blanco. — *Manduytia* Commers. mnscr. (ex. D. C.)

Caractères morphologiques. — Arbres pourvus de feuilles simples, alternes à pétiole court, oblongues, dures, à nervures saillantes.

Les fleurs sont grandes (jusqu'à 2 centimètres de longueur), hermaphrodites, réunies en fausse ombelle axillaire ou terminale. Les sépales sont au nombre de trois-cinq petits, imbriqués, unis à la base, portant une glande au milieu de la face externe. Les pétales sont en même nombre que les sépales, beaucoup plus longs que les sépales, à préfloraison tordue. Les étamines sont en nombre double des pièces du périanthe, le cycle externe opposé aux pétales, pourvues de très petites écailles insérées à la base, les filets sont libres, les anthères introrses. Les carpelles sont en nombre égal aux pétales et opposés à ceux-ci, indépendants avec un ovule suspendu, à micropyle supère et externe. Le fruit est gros, comprimé latéralement, à péricarpe épais, ligneux, avec une crête dorsale : la graine est ovale à tégument mince, sans albumen, à cotylédons épais et plan-convexes.

Habitat. — Extrême-Orient (Indes Orientales, Cochinchine, Bornéo.) Madagascar.

Nombre des espèces. — Sept.

Espèces étudiées. — *S. indica.* Gærtn. (Herb. Planchon ; Herb. Muséum Paris; Herb. Kew ; Herb. British Museum ; Java.) — *S. lucida* Wall. (Herb. Planchon). — *S. Harmandii* Pierre (Herb. Pierre). — *S. Mekongensis* Pierre (Herb. Pierre).

Caractères anatomiques. — *S. indica.*

Tige. — Épiderme formé de très petits cellules à parois externes peu épaisses. Liège naissant de l'assise sous-épidermique. Écorce externe collenchymateuse à cellules arrondies. Écorce interne à cellules allongées dans le sens tangentiel. Toute la partie corticale contient de grosses macles d'oxalate de calcium. Séparant l'écorce externe de l'écorce interne on observe une zone de cellules écrasées, et de loin en loin des cellules scléreuses isolées ou réunies par

deux ou trois. L'épaississement de ces cellules scléreuses est irrégulier ; il commence toujours par la paroi interne, gagne peu à peu les parois latérales et finalement la paroi externe. Péricycle avec de petits amas fibreux nettement séparés.

Liber présentant quelques fibres et de nombreuses macles d'oxalate de calcium. Bois avec peu de vaisseaux, sans fibres : les vaisseaux primaires situés au centre sont entourés de quelques cellules dont les parois ne sont pas lignifiées. Rayons médullaires unisériés. Moelle avec quelques assises périphériques de cellules à parois épaisses et lignifiées, les cellules centrales avec des parois minces et plusieurs contenant des macles d'oxalate de calcium. Pas de canaux sécréteurs périmédullaires.

Pétiole. — (fig. 7) Épiderme à petites cellules avec quelques rares poils uni-cellulaires, rigides, aigus. Écorce contenant de nombreuses et grosses macles d'oxalate de calcium. Faisceau libéro-ligneux concentrique s'invaginant à l'intérieur, de manière à former un ou plusieurs petits faisceaux centraux, avec bois concentrique et périphérique, liber avec une ou deux fibres péricycliques au centre (fig. 8).

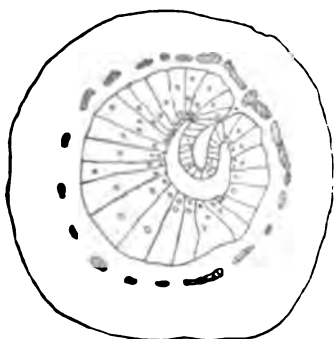


Fig. 7. — *Samadera indica.* Schéma du pétiole montrant l'invagination du faisceau libéro-ligneux (gr. = 100 env.).

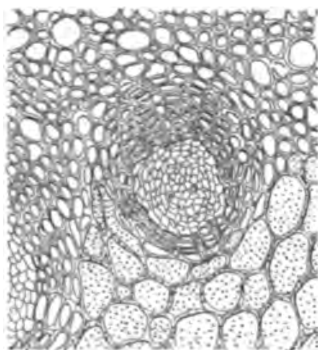


Fig. 8. — *Samadera indica.* Faisceau central du pétiole ; coupe montrant le liber interne et le bois périphérique (gr. = 250 env.).

Feuille. — Faces supérieure et inférieure formées de cellules à parois droites, stomates localisés à la face inférieure,

entourés ordinairement de cinq à six cellules. Cellules palissadiques formant deux rangées; ces cellules sont courtes,

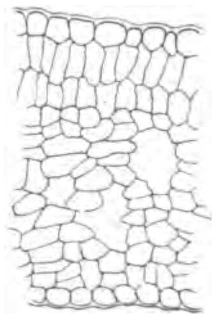


Fig. 9. — *Samadera indica*. Feuille; coupe (gr. = 150 env.).

à parois ondulées (fig. 9). Zone lacuneuse inférieure. Macles d'oxalate de calcium nombreuses dans la zone lacuneuse et surtout au voisinage des nervures.

S. Harmandii. — Le péricycle de la tige présente de grandes cellules scléreuses reliant les amas fibreux. Vaisseaux plus nombreux que dans la zone ligneuse des autres espèces. Les cellules en palissade sont plus courtes que dans le *S. indica*, à parois ondulées, macles nombreuses à la partie supérieure de la feuille. Pas de canaux sécréteurs médullaires. Le pétiole présente l'invagination signalée déjà, mais le bois périphérique est très réduit.

S. Mekongensis. — Macles d'oxalate nombreuses dans la moelle. Pas de canaux sécréteurs médullaires. Pétiole avec invagination ou faisceau libéro-ligneux. Cellules palissa-

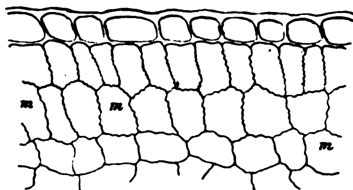


Fig. 10. — *Samadera Mekongensis*. Feuille; coupe de la partie supérieure (gr. = 200 env.). — *m*, macles d'oxalate de calcium.

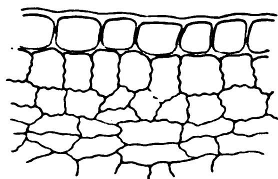


Fig. 11. — *Samadera lucida*. Feuille; coupe de la partie supérieure (gr. = 200 env.).

diques courtes à parois ondulées; nombreuses macles dans la feuille (fig. 10).

S. lucida. — Liber avec nombreuses fibres. Toutes les parties de la tige contiennent de nombreuses macles. Pétiole avec invagination du faisceau libéro-ligneux. Cellules palissadiques de la feuille très réduites (fig. 11). Pas de canaux sécréteurs périmédullaires.

Remarque. — Tous les auteurs indiquent la présence de canaux sécréteurs périmédullaires dans le genre *Samadera*. Tous les exemplaires que nous avons observés n'avaient pas de canaux sécréteurs. Nous croyons donc pouvoir affirmer que les *Samadera* n'ont pas de canaux sécréteurs médullaires.

Il faut en outre signaler les faisceaux centraux du pétiole qui ont un aspect très spécial dans toutes les espèces de ce genre étudiées par nous. C'est un aspect qui ne se représente pas dans les autres Simarubacées et qui paraît caractériser très bien les *Samadera*. Bien que les feuilles soient dures, elles ne présentent pas de sclérites et il faut même noter que le tissu palissadique n'a pas un grand développement dans ces plantes.

Hyptiandra Hook. f.

Caractères morphologiques. — Arbustes à écorce amère, dont les jeunes rameaux sont pubescents, pourvus de feuilles pétiolées, lancéolées, dures.

Les fleurs sont petites, portées par des pédoncules courts, disposées en fascicules axillaires ; elles sont pourvues de deux préfeuilles à la base. Les fleurs sont hermaphrodites, le calice est à cinq lobes (rarement quatre) petits. Les pétales sont plus longs, velus sur le dos, imbriqués. Les étamines sont en nombre double de celui des pétales, disposées en deux cycles, celles qui sont opposées aux pétales sont plus courtes, les filets sont largement ailés, amincis au sommet, velus; les anthères sont introrses. Les carpelles sont au nombre de cinq (rarement quatre), libres, velus, opposés aux pétales. Chaque carpelle possède un ovule, pendant, à micropyle introrse et supère. Les styles sont unis, les stigmates libres. Le fruit est comprimé, avec un albumen réduit, l'embryon est droit avec des cotylédons plan-convexes.

Habitat. — Australie orientale. Queensland.

Nombre des espèces. — Une.

Espèce étudiée. — H. *Bidwillii* Hook. f. (Herb. Muséum Paris).

Caractères anatomiques. — *Tige* (fig. 12). — Liège d'origine sous-épidermique. Écorce peu développée, écorce externe et interne peu distinctes ; l'écorce interne contient un grand nombre de gros cristaux ou de macles d'oxalate de calcium. Les fibres péricycliques forment des amas peu épais, étendus en arc quelquefois, mais ordinairement peu développés dans le sens tangentiel. Liber bien développé, limité en masses distinctes par les rayons médullaires, avec des fibres et des macles d'oxalate de calcium. Bois avec de nombreux vaisseaux à lumen étroit, sans fibres ligneuses ; les cellules et les vaisseaux centraux contiennent de l'oléo-résine. Rayons médullaires unisériés; certaines cellules contiennent un cristal d'oxalate. Moelle composée de cellules à parois épaisses, lignifiées. Pas de canaux sécréteurs médullaires.

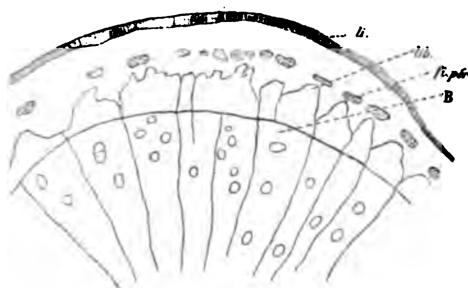


Fig. 12. — *Hyptiandra Bidwillii*. Schéma de la tige (gr. = 60 env.). — *li.*, liège ; *fi.pér.*, péricycle avec amas de fibres ; *lib.*, liber ; *B*, bois.

Pétiole. — Poils longs, rigides, uni-cellulaires. Écorce collenchymateuse, avec de très nombreuses macles d'oxalate de calcium. Les faisceaux forment un cercle continu contenant un à trois faisceaux libéro-ligneux inclus.

Feuille. — Face supérieure composée de cellules à parois rectilignes, sans poils ni stomates. Face inférieure avec poils rigides, droits, uni-cellulaires, stomates nombreux entourés ordinairement de cinq cellules. Deux rangées de cellules en palissade. Cellules du tissu lacuneux polyédriques et ramifiées. Sclérites nombreux longs, flexueux, à ramifications courtes et peu nombreuses ; abondants surtout du côté de la face supérieure, ils sont dirigés parallèlement à la face de la feuille.

Remarque. — La division du liber en amas distincts, par suite du développement des rayons médullaires, ainsi que l'abondance des fibres libériennes rapprochent surtout cette plante des *Cadellia*. Baillon a déjà signalé l'affinité de ces deux genres, particulièrement avec le *Cadellia pentastylis*. Mais, d'autre part, la présence des sclérites dans la feuille et l'absence des canaux sécréteurs médullaires rapprochent les *Hyptiandra* des *Mannia*.

Simaruba Aubl.

Caractères morphologiques. — Arbres à écorce amère, à feuilles tantôt simples, tantôt composées, imparipennées, à fleurs ordinairement petites, portées sur de courts pédoncules, réunies en panicule ramifiée, terminales ou axillaires.

Ces fleurs sont unisexuées et dioïques. Sépales ordinairement au nombre de cinq (rarement quatre ou six), courts, unis vers le bas, dentés ou lobés, imbriqués. Pétales plus longs que les sépales, mais en même nombre qu'eux, à préfloraison tordue. Dans les *fleurs mâles* on trouve des étamines en nombre double de celui des sépales, avec des filets pourvus à leur base d'une écaille courte ciliée ou glabre ; anthères mobiles ; disque épais, hémisphérique, carpelles rudimentaires ou nuls. Dans les *fleurs femelles* les anthères sont atrophiées. Sur le disque on observe cinq carpelles libres ou cohérents. Chaque carpelle contient un ovule à micropyle externe et supérieur. Styles soudés et stigmate à cinq lobes. Le fruit est ovale, l'embryon sans albumen à la maturité avec des cotylédons plan-convexes.

Habitat. — Amérique tropicale, centrale et du Sud.

Nombre des espèces. — Six.

Espèces étudiées. — *S. officinalis* Macf. (Ex. Landes ; Herb. Montpellier). — *S. floribunda* A. St-Hil. (Herb. Montpellier). — *S. glauca* D. C. (Herb. Planchon). — *S. Tulæ* Urb. (Herb. Kew).

Caractères anatomiques. — *S. floribunda.* — *Tige.* — Épiderme à poils longs, rigides, unicellulaires. Liège naissant de l'assise sous-épidermique. Épiderme formé de cellules dont les parois latéro-externes sont très épaisses. Écorce externe nettement distincte de l'écorce interne; l'écorce externe composée d'un plus grand nombre d'assises de cellules que l'écorce interne; cette dernière formée de cellules allongées dans le sens tangentiel (fig. 13). Cristaux d'oxalate de calcium très rares dans l'écorce. Péricycle formé d'amas fibreux très rapprochés les uns des autres et constituant un cercle presque continu. Liber peu développé; homogène avec peu de vaisseaux. Rayons médullaires unisériés. Moelle composée de cellules dont les parois sont lignifiées. Canaux sécréteurs situés à la périphérie de la moelle.

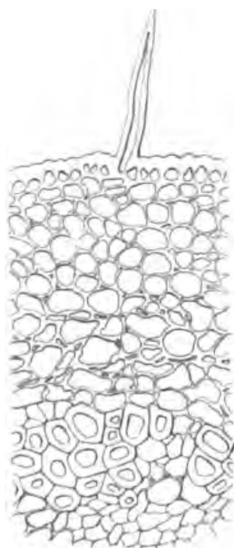


Fig. 13. — *Simaruba floribunda*. Écorce, péricycle et liber externe de la tige; coupe transversale (gr. = 200 env.).

Pétiole. — Épiderme avec poils, écorce collenchymateuse possédant de nombreux cristaux d'oxalate de calcium ainsi que quelques macles. Faisceau libéro-ligneux concentrique, avec trois ou quatre faisceaux internes. Cristaux d'oxalate dans la moelle. Canaux sécréteurs de la tige persistant dans le pétiole.

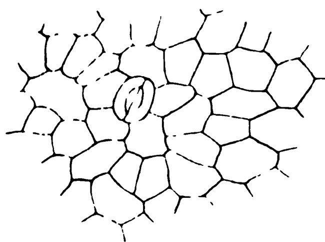


Fig. 14. — *Simaruba tulæ*. — Face inférieure de la feuille (gr. = 250 env.).

Feuille. — Parois externes des cellules épidermiques de la face supérieure finement plissées, stomates uniquement portés par la face inférieure de la feuille; les stomates sont entourés de cinq à six cellules (fig. 14). Une seule rangée

de cellules en palissade ; cellules du tissu lacuneux présentant souvent des prolongements plus ou moins allongés. Sclérites allant d'une face à l'autre, ramifiés, à lumen large, se terminant généralement à la partie supérieure en massue et à la face inférieure en pointe.

S. officinalis. — Peu de différence avec l'espèce précédente, cependant les cristaux sont beaucoup plus abondants.

S. glauca. — Dans la tige on observe des cristaux abondants dans l'écorce, le liber et la moelle ; dans l'écorce interne de grosses cellules scléreuses. Bois avec quelques cellules contenant des cristaux. Dans la feuille (fig. 15) on observe deux rangées de cellules en palissade et l'épiderme inférieur présente à l'extérieur des papilles. Les sclérites sont ramifiés et se terminent sur les deux faces en parties effilées.



Fig. 15. — *Simaruba glauca.* Feuille ; coupe (gr. = 250 env.).

S. Tulæ. — La feuille ne présente qu'une rangée de courtes cellules en palissade. Les sclérites sont bien moins nombreux que dans les espèces précédentes, souvent placés parallèlement aux faces.

Simaba Aubl.

Synonymie. — *Aruba* Aubl. — *Zwingera* Schreb. — *Phyllostemma* Neck. — *Homalolepis* Turcz.

Caractères morphologiques. — Arbres ou arbrisseaux à écorce amère. Les feuilles sont rarement simples, ordinairement composées imparipennées, le plus souvent dures.

Les fleurs sont grandes ou petites, groupées en inflorescences, rameuses. Les fleurs sont hermaphrodites, généralement à cinq pièces, rarement à quatre pièces. Les sépales sont plus ou moins unis dans le bas, à préfloraison imbriquée. Les pétales sont plus longs que les sépales, à préfloraison valvaire. Les étamines sont insérées à la base du disque, en nombre double de celui des pétales, celles qui sont opposées aux pétales sont plus courtes ; les filets sont unis à une écaille le plus souvent couverte de poils; les anthères sont introrses, ovales ou oblongues. Les carpelles sont en nombre égal à celui des pétales, et opposés à ceux-ci, insérés sur le disque; ils sont libres, contenant chacun un ovule suspendu épitrope vers le milieu de leur hauteur. Les styles sont soudés à la base, le stigmate est petit et se terminant par cinq lobes. Il y a souvent un nombre restreint de fruits par avortement de quelques-uns, il est plus ou moins comprimé, quelquefois très gros. La graine est ovale à tégument mince, avec un embryon à cotylédons épais, plan-convexes, exalbuminé à maturité.

Habitat. — Amérique du Sud (Guyane et Brésil particulièrement).

Nombre des espèces. — Vingt environ.

Espèces étudiées. — *S. angustifolia* Spruce (Herb. Kew). — *S. Cedron* Planch. (Herb. Kew; Herb. Planchon). — *S. crustacea* Engl. (Herb. Mus. Paris). — *S. cuspidata* A. St.-Hil. (Herb. Kew ; Herb. Drake del Castillo). — *S. ferruginea* A. St.-Hil. (Herb. Montpellier). — *S. floribunda* A. St.-Hil. (Herb. Mus. Paris). — *S. fœtida* Poepp. (Herb. Mus. Paris). — *S. glabra* Engl. (Herb. Mus. Paris) — *S. glandulifera* Gard. (Herb. Kew). — *S. guyanensis* Aubl. (Herb. Mus. Paris; Herb. Kew). — *S. insignis* A. St-Hil. (Herb. Mus. Paris). — *S. maïana* Engl. (Herb. Kew). — *S. nigrescens* Engl. (Herb. Mus. Paris). — *S. obovata* Engl. (Herb. Kew). — *S. orinocensis* H. B. Kunth (Herb. Kew). — *S. salubris* Engl. (Herb. Mus. Paris). — *S. subcymosa* St.-Hil. (Herb. Kew; Herb. Drake del Castillo). — *S. suffruticosa* Engl. (Herb.

Kew). — *S. trichilioïdes* St.-Hil. (Herb. Montp.) — *S. trichilioïdes, var. glabra* (Herb. Kew). — *S. Warmingiana* Engl. (Herb. Kew).

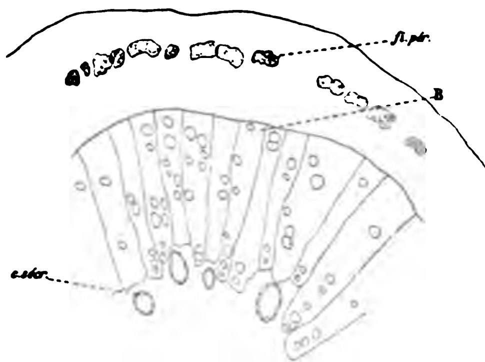


Fig. 16. — *Simaba ferruginea*. Schéma de la tige (gr. = 60 env.). — *fi.pér.*, péricycle avec amas fibreux ; *B*, bois ; *c.sécr.*, canaux sécréteurs médullaires.

Caractères anatomiques. — *Tige* (1). (fig. 16). — Épiderme à petites cellules dont les parois sont très épaisses, portant ordinairement des poils. Liège naissant aux dépens de l'assise sous-épidermique (fig. 17). Écorce externe collenchymateuse, séparée nettement de l'écorce interne à cellules allongées dans le sens tangentiel par une assise de cellules écrasées. Dans l'écorce on observe souvent des cellules scléreuses (*S. guyanensis*, *nigrescens*, *salubris*, *crustacea*, *fœtida*, etc.). Quelquefois ces cellules scléreuses manquent totalement ou sont en très petit nombre (*S. floribunda*, *ferruginea*, *trichilioïdes*, etc.) — Péricycle possédant des amas



Fig. 17. — *Simaba trichilioïdes*. Écorce de la tige; coupe transversale montrant le début du développement du liège (gr. = 200 env.).

(1) Parmi les espèces citées plus haut, il y en a cinq dont la tige n'a pas été vue par nous : *S. angustifolia*, *maïana*, *obovata*, *orinocensis*, *suffruticosa*.

de fibres formant un cercle presque continu. Liber assez développé; on trouve des cristaux ou des macles d'oxalate de calcium dans l'écorce et dans le liber. Bois avec vaisseaux nombreux; rayons médullaires unisériés. Moelle formée de cellules ayant des parois lignifiées. Les canaux sécréteurs situés à la périphérie de la moelle existent ordinairement, ils sont larges et bien visibles ; dans certaines espèces cependant ces canaux font défaut : *S. cuspidata*, *crustacea*, *fœtida*, *guyanensis*, *nigrescens* et *salubris*. Dans ce cas, on observe de l'oléo-résine dans les vaisseaux du bois.

Pétiole. — Épiderme et écorce ayant à peu de chose près les mêmes caractères que ceux de la tige; les macles d'oxalate de calcium sont cependant plus nombreuses dans l'écorce collenchymateuse. Le faisceau libéro-ligneux est concentrique, et à l'intérieur on observe deux ou trois faisceaux inclus; ordinairement les canaux sécréteurs médullaires de la tige se continuent dans la moelle du pétiole.

Feuille. — Les surfaces supérieure et inférieure ont ordinairement des cellules à contour non sinueux. A la face inférieure seulement on trouve des stomates entourés de quatre à cinq cellules, et des poils plus ou moins longs et flexueux. Dans toutes les espèces étudiées on trouve des sclérites parcourant la feuille. Ces sclérites forment souvent un bourrelet entre l'épiderme supérieur et les cellules en palissade; le même tissu de renforcement existe à la face inférieure, au-dessous de l'assise épidermique. Les sclérites sont plus ou moins ramifiés : les moins ramifiés sont longs et flexueux; ces sclérites sont toujours en grand nombre. Il y a une ou deux rangées de cellules en palissade. Le tissu lacuneux est formé de cellules étoilées laissant de nombreux méats.

Remarque. — Nous avons réuni en un seul paragraphe la description de toutes les espèces de *Simaba* étudiéees par nous. D'une manière générale les caractères anatomiques sont très homogènes, sauf en ce qui concerne la présence où l'absence des canaux sécréteurs médullaires. Les espèces

où les canaux sécréteurs manquent sont très voisines comme structure anatomique des *Quassia*.

Oldyendea (Pierre) Engl.

Caractères morphologiques. — Arbres pourvus de feuilles imparipennées, dures, avec des nervures enfoncées dans le parenchyme.

Les fleurs sont petites, nombreuses, en panicules. Elles sont hermaphrodites, le plus souvent tétramères. Les sépales réunis en forme de coupe, sont représentés par quatre lobes obtus et très courts. Les pétales sont plus longs que les sépales, à préfloraison imbriquée. Les étamines sont en nombre double des pétales, plus longues que ceux-ci; les filets sont filiformes, avec une ligule tomenteuse qui s'élève jusqu'en leur milieu. Disque formant un bourrelet élevé, à huit sillons. Quatre carpelles unis, contenant chacun un seul ovule suspendu épitrope. Styles unis, fruit très gros, comprimé, légèrement caréné sur le côté externe, à péricarpe ligneux.

Habitat. — Afrique tropicale occidentale.

Nombre des espèces. — Deux.

Espèces étudiées. — *O. Gabonensis* (Pierre) Engl. (Herb. Pierre). — *O. Klaineana* Pierre (Herb. Pierre).

Caractères anatomiques. — *O. Klaineana*. — *Tige*. — Épiderme à parois externes épaisses. Liège naissant de l'assise sous-épidermique. Écorce externe collenchymateuse, assez épaisse, nettement séparée de l'écorce interne par une ou plusieurs assises de cellules écrasées. Écorce interne à cellules allongées dans le sens tangentiel. Macles d'oxalate de calcium peu nombreuses dans l'écorce. Péricycle présentant de nombreux amas fibreux : ces amas forment des îlots rapprochés les uns des autres ; on observe autour d'eux de grandes cellules à contenu oléo-résineux. Liber composé d'un grand nombre d'assises de cellules, fibres assez nombreuses. Bois avec de nombreux vaisseaux. Rayons médullaires unisériées. Moelle formée de cellules

à parois lignifiées; quelques-unes contiennent une macle d'oxalate de calcium. Canaux sécréteurs à la périphérie de la moelle.

Pétiole. — Écorce collenchymateuse riche en cristaux et en macles d'oxalate de calcium. Faisceau libéro-ligneux formant un cercle complet dans lequel on observe plusieurs faisceaux libéro-ligneux inclus. Canaux sécréteurs médullaires subsistant dans le pétiole.

Feuille. — Surface supérieure et inférieure constituée par des cellules avec des parois rectilignes; à la face inférieure on observe des papilles épidermiques très visibles. Les stomates sont entourées de cinq à six cellules de bordure. En coupe, l'épiderme supérieur se montre pourvu d'un hypoderme; sur la paroi interne des cellules hypodermiques viennent s'appuyer les sclérites. Cellules palissadiques formant deux rangées superposées. Les cellules de tissu lacuneux *sont* rectangulaires, et n'ont ni ramification ni prolongements, comme cela a lieu ordinairement dans les feuilles qui possèdent des sclérites. Autour des faisceaux libéro-ligneux qui constituent les nervures de la feuille, en trouve de grandes cellules à contenu oléo-résineux. Dans les nervures principales on observe un large canal sécréteur médullaire. L'épiderme inférieur a des papilles très visibles. Les sclérites sont assez nombreux, allant souvent d'une face à l'autre, ramifiés, avec de courts prolongements effilés.

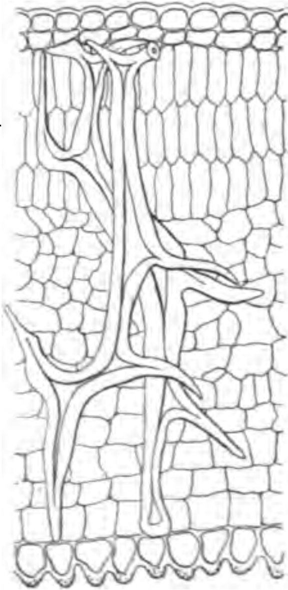


Fig. 18. — *Oldyendea gabonensis.* Feuille; coupe (gr. = 250 env.).

O. Gabonensis. — La tige contient beaucoup plus de cristaux et de macles d'oxalate de calcium; les canaux sécréteurs mé-

dullaires existent. La feuille (fig. 18) a trois rangées de cellules en palissade, les sclérites sont en plus grand nombre que dans l'espèce précédente; l'hypoderme à la face supérieure et les papilles épidermiques de l'épiderme inférieur sont nettement visibles.

Remarque. — Pierre a d'abord réuni ce genre au genre *Quassia*; mais Engler n'a pas maintenu cette réunion. L'étude anatomique justifie l'opinion du savant botaniste de Berlin. La présence des canaux sécréteurs médullaires (bien que dans les Simarubacées le caractère tiré de la présence ou de l'absence des canaux secréteurs médullaires peuvent jusqu'à un certain point n'avoir pas une grande importance puisque dans le genre *Simaba* nous venons de trouver certaines espèces dépourvues de ces canaux), la présence d'un hypoderme à la face supérieure de la feuille, l'existence des papilles de l'épiderme inférieur, la forme rectangulaire des cellules du tissu lacuneux (forme spéciale dans les feuilles pourvues de sclérites chez les Simarubacées), la forme des sclérites; tout cela constitue un ensemble de caractères anatomiques justifiant le maintien du genre *Oldyendea* comme genre distinct des *Quassia*, et vient s'ajouter aux différences tirées des caractères morphologiques.

Quassia L.

CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES. — Arbres à bois blanc amer, écorce gris pâle. Feuilles imparipennées, à pétioles ailés ou non. Folioles lancéolées, minces.

Fleurs assez grandes, d'un rouge vif, en grappes terminales. Elles sont hermaphrodites, pentamères. Il y a cinq sépales unis à la base, imbriqués. Les pétales sont beaucoup plus grands que les sépales, unis dans la plus grande longueur, à préfloraison tordue. Dix étamines, dont cinq plus courtes opposées aux pétales. Les filets sont grêles, pourvus à la base d'une écaille ligulaire tomenteuse, les anthères sont introrses, oscillantes, s'ouvrant en dedans

par deux fentes longitudinales. Le disque est épais, un peu plus large que haut. Cinq carpelles opposés aux pétales, insérés sur le disque ; ils sont libres, ovales, uniloculaires ; styles longs, grêles, unis entre eux, tordus ; stigmates non dilatés. Chaque carpelle porte un ovule descendant épitrope.

Le fruit est formé de cinq coques (quelquefois moins de cinq ; par avortement) indéhiscentes. Chacun n'a qu'une graine, ovale, sans albumen à maturité. L'embryon est gros, à cotylédons épais, plan convexes.

HABITAT. Amérique du Sud et Afrique tropicale occidentale.

NOMBRE DES ESPÈCES. — Deux.

ESPÈCES ÉTUDIÉES. *Q. amara* L. (Herb. Montp. ; Herb. Planchon ; Ex. des Indes anglaises). — *Q. africana* Baill. (Herb. Pierre ; Musée colonial de Marseille ; serres du Muséum).

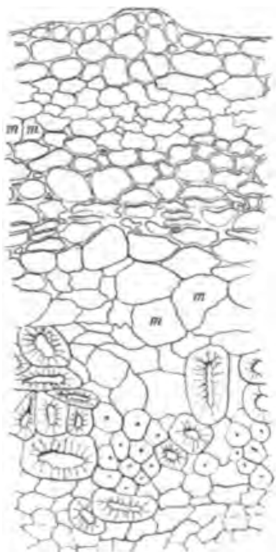


Fig. 19. — *Quassia amara*. Écorce et péricycle fibreux et scléreux de la tige ; coupe transversale (gr. = 250 env.). — *m*, cellules contenant des macles.

CARACTÈRES ANATOMIQUES. — *Q. amara*. — *Tige*. — L'épiderme est composé de cellules assez pe- t s. Le liège naît de l'assise sous-épidermique. L'écorce externe g. 19) débute par quatre à cinq rangées de cellules à parois minces dont les plus internes contiennent souvent une macle d'oxalate de calcium ; puis on observe quatre à cinq assises de cellules à parois plus épaisses ; au-dessous une zone de cellules écrasées séparant l'écorce externe de l'écorce interne. Celle-ci se compose de cinq à six assises de grandes cellules, les plus externes à parois minces, contenant souvent une grosse macle d'oxalate de calcium, les plus internes qui s'appuient sur le péricycle, ordinairement formées de cellules scléreuses.

Le péricycle contient de petits amas fibreux, reliés entre

eux par des cellules scléreuses. Liber riche en fibres et en macles d'oxalate de calcium. Bois homogène avec de nombreux vaisseaux. Rayons médullaires uniseriés, moelle formée de cellules à parois lignifiées, plusieurs de ces cellules médullaires contiennent des macles. Pas de canaux sécréteurs médullaires.

Pétiole. — Macles nombreuses dans l'écorce composée de cellules collenchymateuses. Faisceau libéro-ligneux formant un cercle complet, à l'intérieur duquel se trouvent des faisceaux internes. Moelle riche en macles d'oxalate de calcium.



Fig. 20. — *Quassia africana*. Face inférieure de la feuille (gr. = 100 env.).

Feuille. — Poils le long des nervures principales. Faces supérieure et inférieure présentant des parois cellulaires ondulées. Stomates sur la face inférieure entourés de trois à quatre cellules. Une seule rangée de cellules palissadiques ; cellules du tissu lacuneux ramifiées. Sclérites très abondants formant un tissu de renforcement au-dessous de l'épiderme supérieur ; ces sclérites ne vont pas ordinairement d'une face à l'autre, mais courent parallèlement aux faces de la feuille en s'enchevêtrant durant leur parcours. Lumen des sclérites très réduit.

Q. africana. — Caractères à peu près identiques à ceux du *Q. amara*. Les sclérites sont aussi abondants que dans l'espèce précédente et ont la même allure : l'écorce externe de la tige est composée de cellules ayant toutes des parois assez épaisses et cellulosiques.

Remarque. — L'anatomie de ces deux espèces a déjà été étudiée par Claudel (1) et par Cornu (2). Nos observations concordent en tous points avec celles de Cornu.

(1) Sur le *Quassia africana* Baill. et sur le *Pancovia Heckeli* Claudel, qui lui est substitué (1894), inséré dans les *Annales de l'Institut colonial de Marseille*, t. II, 1895.

(2) Note sur le *Quassia africana* H. Bn. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, t. XLIII, 1896, p. 523).

Hannoa Planch.

Caractères morphologiques. — Arbres ou arbrisseaux, peu amers, à feuilles imparipennées, à folioles dures.

Fleurs petites, blanches, odorantes, en panicules axillaires ou terminales. Elles sont hermaphrodites ou unisexuées, ordinairement pentamères. Calice gamosépale, corolle velue, à préfloraison imbriquée, quelquefois avec six à neuf pétales. Les étamines des *fleurs mâles* sont ordinairement au nombre de dix, quelquefois douze ou quatorze, celles correspondant aux pétales, plus courtes. Les filets sont unis à la base avec une écaille ligulaire velue. Les anthères sont ovales, le disque est haut, marqué de dix sillons plus longs que le gynécée rudimentaire à cinq lobes. Dans les *fleurs femelles*, les étamines sont stériles, les ovaires, qui sont quelquefois au nombre de quatre ou six, sont libres, les styles courts, les stigmates en étoile.

Dans les fleurs hermaphrodites (*H. Schweinfurthii* Oliv.) le calice, la corolle et l'androcée sont semblables à ceux des fleurs mâles, les carpelles, au nombre de cinq ou six, sont libres. Chaque carpelle contient un ovule pendant épitrope. Les fruits, au nombre de un à six, sont drupacés; la graine est presque sphérique, l'embryon court, les cotylédons plan-convexes.

Habitat. — Afrique tropicale occidentale et centrale.

Nombre des espèces. — Trois.

Espèces étudiées. — *H. undulata* Planch. (Herb. Planchon). — *H. Klaineana* Pierre (Herb. Pierre).

Caractères anatomiques. — *H. undulata.* — *Tige.* — Épiderme à petites cellules avec de temps en temps un poil externe, rigide, court. Liège naissant de l'assise sous-épidermique. Écorce avec de nombreuses cellules scléreuses disposées irrégulièrement dans les différentes assises. Écorce externe et écorce interne séparées par une zone de cellules écrasées. Péricycle avec amas de fibres peu développées,

isolés les uns des autres. Liber possédant des fibres isolées ou réunies par petits groupes. Ce liber est bien développé. Bois homogène, avec vaisseaux nombreux. Rayons médullaires unisériés et allant en s'élargissant à la périphérie du

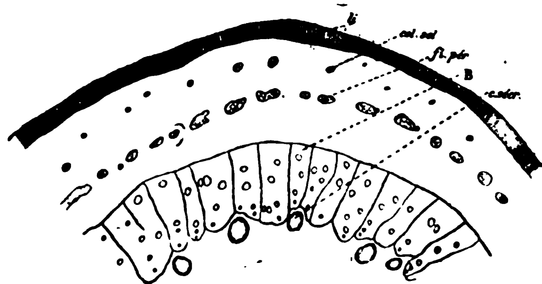


Fig. 21. — *Hannoa undulata.* Schéma de la tige (gr. = 60 env.). — *li*, liège; *cel. scl.*, cellules scléreuses; *fl.pér.*, péricycle; *B*, bois; *c. sécr.*, canaux sécréteurs médullaires.

liber. Moelle composée de grandes cellules à parois lignifiées. Canaux sécréteurs médullaires nombreux et larges.

Pétiole. — Écorce bien développée avec macles d'oxalate de calcium. Faisceau libéro-ligneux concentrique, avec faisceaux inclus et canaux sécréteurs médullaires se prolongeant dans la pétiole.

Feuille. — Faces supérieure et inférieure possédant des cellules à parois rectilignes. Stomates à la face inférieure seulement de la feuille, entourés de cinq à six cellules. Épiderme supérieur pourvu d'un hypoderme dont les cellules sont généralement plus grandes que les cellules épidermiques. Deux rangées de cellules en palissade. Tissu lacuneux à cellules irrégulières plus ou moins ramifiées. Sclérites bien développés allant d'une face à l'autre, ramifiés, se terminant par des parties effilées.

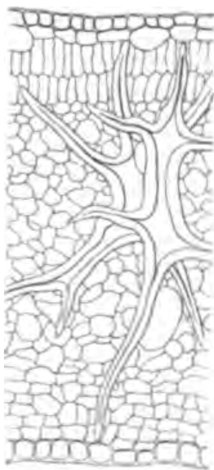


Fig. 22. — *Hannoa Klaineana.* Feuille; coupe (gr. = 250 env.).

H. Klaineana. — Rayons médullaires quelquefois bisériés. Canaux sécréteurs médullaires moins nombreux et plus petits que chez *H. undulata.* Moelle riche en cristaux et en macles d'oxalate de calcium. Sclérites de la feuille plus nombreux que dans l'espèce précédente (fig. 22).

Remarque. — Les caractères anatomiques des *Hannoa* se rapprochent encore plus des *Oldyendea* que des *Quassia*, par suite surtout de la présence des canaux sécréteurs médullaires et de la forme des sclérites, ainsi que par la présence d'un hypoderme dans la feuille.

EURYCOMINÉES.

Eurycoma Jack.

Caractères morphologiques. — Arbres amers, à rameaux feuillés à leur extrémité ; feuilles imparipennées à nombreuses paires de folioles oblongues.

Les fleurs sont petites, disposées en panicules axillaires ou terminales, très rameuses, recouvertes d'émergences claviformes pluricellulaires. Elles sont hermaphrodites ou unisexuées, pentamères. Les sépales sont petits, unis à la base, souvent avec des poils glanduleux. Les pétales sont plus longs que les sépales à préfloraison valvaire. Le disque n'est pas développé. Dans les *fleurs mâles*, les étamines, au nombre de cinq, sont alternipétales. Les filets ont une courte écaille ligulaire à leur base. Les anthères s'ouvrent en dedans, elles sont ovales. Il y a aussi cinq écailles bilobées, velues, qui sont opposées aux pétales et qui sont des staminodes. Le gynécée est rudimentaire. Dans les *fleurs femelles* qui sont plus petites que les fleurs mâles, il y a cinq étamines, avec de petites anthères opposées aux sépales, et cinq staminodes écailleuses ; cinq carpelles opposés aux pétales ; les styles sont unis et les stigmates libres, en étoile. Il y a un ovule dans chaque carpelle, l'ovule est suspendu épitrope. Le fruit se compose de trois à cinq coques ovales, drupacées, à endocarpe cartilagineux, tardi-

vement déhiscentes sur leur côté interne. Embryon dépourvu d'albumen à maturité, avec des cotylédons plan-convexes.

Habitat. — Cochinchine. — Archipel Malais.

Nombre des espèces. — Trois.

Espèce étudiée. — *E. longifolium* Jack (Herb. Pierre; Herb. Montpellier).

Caractères anatomiques. — *Tige.* — Épiderme composé de petites cellules, interrompu de temps en temps par un poil, unicellulaire, rigide et court. Liège naissant de l'assise sous-épidermique. Écorce interne à cellules de grandeurs diverses, composée de trois à quatre assises de cellules (fig. 23). Écorce interne composée de grandes cellules, séparées de l'écorce externe par une zone de cellules écrasées. On observe des macles d'oxalate de calcium dans certaines cellules des assises les plus internes de l'écorce externe. Les amas de fibres péricycliques sont isolés les uns des autres; ces amas ont un contour irrégulier et au milieu des fibres on trouve souvent quelques cellules parenchymateuses. Le liber est peu développé, il possède des fibres et des macles d'oxalate de calcium. Le bois est homogène, avec de nombreux vaisseaux à petit lumen. Dans les vaisseaux les plus internes on trouve souvent de l'oléo-résine. Rayons médullaires ordinairement unisériés. Moelle à cellules larges ayant des parois peu épaisses mais lignifiées. Les canaux sécréteurs sont situés à la périphérie de la moelle; ils sont nombreux et larges.

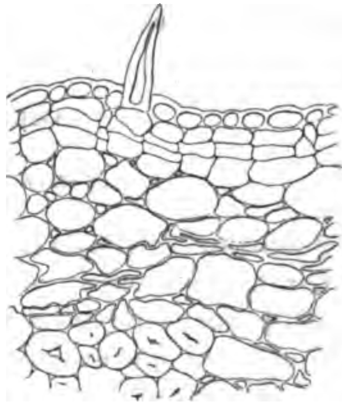


Fig. 23 — *Eurycoma longifolium.* Écorce de la tige; coupe transversale (gr. = 250 env.).

Pétiole. — Poils externes semblables à ceux de la tige,

mais plus nombreux ; faisceau libéro-ligneux formant un cercle complet à l'intérieur duquel on trouve plusieurs faisceaux libéro-ligneux. Les canaux sécréteurs médullaires se continuent dans la pétiole, mais ils sont petits.

Feuille. — Les faces supérieure et inférieure montrent des cellules à parois ondulées. Stomates localisés sur la face inférieure. Les cellules de la face inférieure possèdent des papilles externes. Une seule rangée de cellules en palissade. Tissu lacuneux formé de cellules étoilées. Sclérites très nombreux allongés, flexueux, sans ramifications, dirigés dans tous les sens.

HARRISONIINÉES.

Harrisonia R. Brown.

Synonymie. *Ebelingia* Reichb. — *Lasiolepis* Benn.

Caractères morphologiques. — Arbrisseaux à feuilles imparipennées, rarement trifoliolées, le pétiole est souvent ailé et muni quelquefois de deux épines recourbées à la base, provenant de la métamorphose d'une paire de folioles.

Les fleurs sont petites ; fausses ombelles à peu de fleurs, axillaires ou panicules terminales. Elles sont hermaphrodites, tétramères ou pentamères. Les sépales sont petits, unis à leur base. Les pétales plus longs et plus épais que les sépales, à préfloraison valvaire. Les étamines sont en nombre double des pétales, insérées à la base du disque; les filets sont libres, pourvus d'une écaille ligulaire velue ; les étamines opposées aux pétales sont un peu plus courtes que les autres, les anthères sont introrses, cordiformes à la base. Les carpelles sont unis, opposés aux pétales contenant chacun un ovule suspendu épitrope. Les styles sont unis complètement, ou seulement à leur sommet, et alors libres à la base, le stigmate est légèrement dilaté. Le fruit est petit, drupacé, à quatre ou cinq loges, per-

foré en dessous. La graine remplit toute la loge, l'embryon est verdâtre, recourbé, à radicule courte, dirigée vers le haut, les cotylédons sont recourbés en fer à cheval, épais. Il y a encore un albumen peu développé à la maturité.

Habitat. — Archipel malais. Australie. Afrique tropicale.

Nombre des espèces. — Quatre.

Espèces étudiées. — *H. Abyssinica* Oliv. (Serres du Muséum). — *H. Bennettii* (Planch.), Hook. f. (Herb. Pierre). — *H. Brownii* Juss. (Herb. Montp.). — *H. occidentalis* Engl. (Herb. British Muséum).

Caractères anatomiques. — *H. Brownii*. — *Tige*. — Liège sous-épidermique. Ecorce très peu épaisse, avec de nombreuses macles d'oxalate de calcium et de loin en loin une cellule plus grande que les autres contenant, semble-t-il, de l'oléorésine. Les amas fibreux du péricycle sont très réduits (fig. 24) isolés les uns des autres, reliés entre eux par de grandes cellules. Liber épais, avec un liber primaire écrasé contre les fibres péricycliques. Dans le liber il existe de nombreuses macles d'oxalate de calcium. Bois homogène, avec de nombreux vaisseaux. Rayons médullaires unisériés. Moelle formée de cellules irrégulières, les unes très grandes rayonnant autour de cellules arrondies et plus petites, les autres à parois plus épaisses (fig. 25 et 26). Il y a aussi de nombreuses macles d'oxalate de calcium dans la moelle. Pas de canaux sécréteurs médullaires.



Fig. 24. — *Harrisonia Brownii.* Écorce, péricycle et liber de la tige; coupe transversale (gr. = 250 env.). — *cr.*, cellules contenant de l'oxalate de calcium.

Pétiole. — Au-dessous de l'épiderme, pourvu de quelques poils externes, droits, on observe une écorce collen-

chymateuse avec quelques grandes cellules à contenu oléo-résineux. Les assises internes de l'écorce contiennent de nombreuses macles. Le faisceau libéro-ligneux forme un cercle

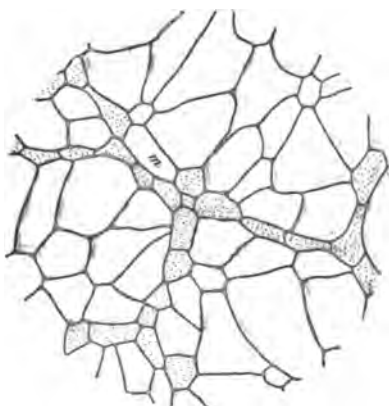


Fig. 25. — *Harrisonia Bennettii.* Moelle de la tige; coupe transversale (gr. = 200 env.). — *m*, cellules contenant une macle d'oxalate de calcium.

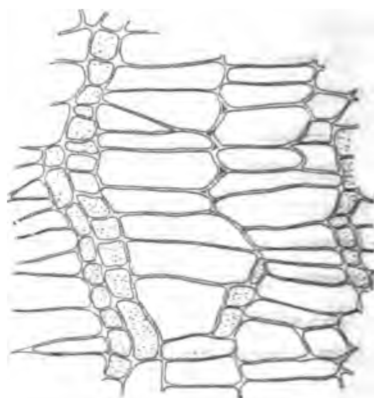


Fig. 26. — *Harrisonia Bennettii.* Moelle de la tige; coupe longitudinale (gr. = 200 env.)

continu insérant une moelle à cellules irrégulières identiques à celle de la tige. Nous n'avons pas observé de faisceaux inclus.

Feuilles. — Les nervures sont pourvues de poils externes longs, flexueux. Faces supérieure et inférieure pourvues de cellules à contours ondulés. Les stomates sont localisés à la face inférieure entourés de trois à quatre cellules. Le mésophylle est peu développé (fig. 27); il n'y a qu'une seul rangée de cellules en palissade, le tissu lacuneux est formé de cellules polyédriques disposées en quatre à cinq assises, sans grands méats.

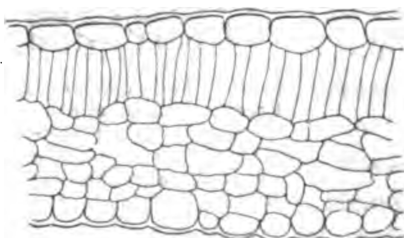


Fig. 27. — *Harrisonia Brownii.* Feuille; coupe (gr. = 250 env.).

H. Bennettii. — Dans la tige, le liber contient une assise

circulaire de fibres, et la moelle identique à celle de l'espèce précédente contient de gros cristaux d'oxalate de calcium en même temps que des macles. La feuille est plus épaisse, avec de très nombreuses macles d'oxalate, mais il n'y a qu'une seule rangée de cellules en palissade.

Les deux autres espèces ont des caractères anatomiques presque identiques à ceux du *H. Brownii*.

REMARQUE. — Baillon, Bentham et Hooker rapprochent les *Harrisonia* des *Irvingia*; la présence des cellules à oléo-résine de l'écorce, bien que nous n'ayons pas observé de lacunes proprement dites, semble en effet les rapprocher. La moelle si caractéristique permet toujours de distinguer cette espèce des autres Simarubacées. L'absence des canaux sécréteurs médullaires, ainsi que des sclérites, éloigne les *Harrisonia* des plantes que nous venons d'étudier.

CASTELINÉES.

Quatre ou huit feuilles carpellaires uniovulées, parfois cohérentes à la base, dans tous les cas, styles unis à la base. Androcée obdiplostemone; étamines sans écailles ligulaires distinctes. Fruits libres.

A. — Fleur 4-mère....................	13. *Castela.*
B. — Fleur 7-mère....................	14. *Holacantha.*

Castela Turp.

CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES. — Arbrisseaux à rameaux souvent épineux, à feuilles dures, brièvement pétiolées, lancéolées, entières.

Les fleurs sont, en général, d'un rouge sang, réunies en petit nombre en fausses ombelles à l'aisselle des feuilles. Elles sont dioïques, tétramères. Les quatre pétales sont cohérents à la base. Les quatre pétales sont plus longs que les sépales (trois à quatre fois plus longs environ),

à préfloraison imbriquée. Les étamines sont en nombre double des pétales, insérées à la base d'un disque marqué de quatre ou huit sillons. Il n'y a pas d'écailles, les filets sont assez velus; les anthères s'ouvrent latéralement, et sont pourvues, au sommet, d'une petite pointe digitée, les carpelles sont rudimentaires. Dans les fleurs femelles les étamines sont petites, stériles, ou n'existent pas. Les carpelles sont opposés aux pétales, ils sont libres à la base, pourvus d'un style linéaire, les styles sont soudés entre eux. Dans chaque carpelle il y a un ovule suspendu épitrope. Les fruits sont au nombre de quatre (ou moins par avortement), ils sont drupacés indépendants. L'embryon est droit, avec un albumen mince à la maturité, les cotylédons sont plan-convexes.

HABITAT. — Amérique sud et centrale, dans les régions arides.

NOMBRE DES ESPÈCES. — Dix environ.

ESPÈCES ÉTUDIÉES. — *C. celastrioides* Turp. (Herb. Museum Paris). — *C. depressa* Turp. (Herb. Planchon). — *C. erecta* Turp. (Herb. British Muséum). — *C. longifolia* Gris. (Herb. Drake). — *C. Nicholsoni* Hook. (Herb. Planchon). — *C. Tweedii* Pl. (Herb. British. Muséum).

CARACTÈRES ANATOMIQUES. — *C. depressa*. — *Tige*. —

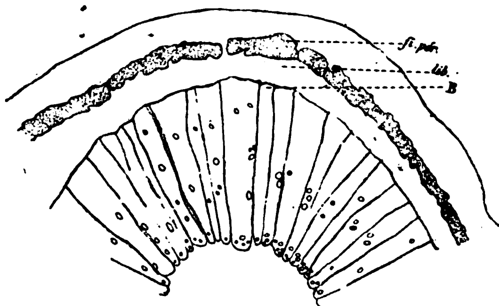


Fig. 28. — *Castela celastrioides*. Schéma de la tige (gr. = 60 env.). — *fi. pér.*, péricycle fibreux et scléreux ; *lib.*, liber ; *B*, bois.

Cellules épidermiques, petites, à parois externes épaisses. Le liège naît de l'assise sous-épidermique. Dans l'écorce

on rencontre quelques cellules dont les épaississements sont irréguliers; les parois externes et latérales s'épaississent, tandis que la paroi externe reste mince. L'écorce est assez épaisse, les macles d'oxalate de calcium y sont assez nombreuses. Le péricycle est composé de fibres, mêlées de cellules scléreuses; ce tissu de protection forme un cercle continu à peine interrompu de loin en loin. Liber épais, avec de nombreuses macles d'oxalate de calcium. Bois hétérogène; au milieu du parenchyme ligneux on trouve de grandes plages composées de fibres à parois très épaisses; les vaisseaux sont petits. Rayons médullaires unisériés. Moelle à parois très épaisses et lignifiées.

Feuilles. — Faces supérieure et inférieure avec des cellules à contours rectilignes. La face inférieure porte seule les stomates; on y observe aussi des poils abondants et flexueux. Trois stomates entourés de quatre à cinq cellules. L'épiderme supérieur a un hypoderme très bien développé; les cellules épidermiques se divisent quelquefois en deux ou trois cellules superposées, elles sont grandes et allongées dans le sens supéro-inférieur. Il y a trois rangées de cellules en palissade; le tissu lacuneux est formé de petites cellules serrées les unes contre les autres et ne laissant que peu de méats. Il y a un hypoderme réduit à la face inférieure. Les macles sont nombreuses, surtout autour des faisceaux constituant les nervures (fig. 29 et fig. 30).

C. Nicholsoni. — Peu de différences avec l'espèce précédente; les fibres sont très nombreuses dans le bois et donnent au bois un aspect presque homogène. Les feuilles ont des poils à la face inférieure. Les hypodermes sont bien développés (fig. 29), celui de la face supérieure restant plus important que celui de la face inférieure.

C. celastrioides. — Le bois ne contient presque plus que des fibres ligneuses et les vaisseaux sont très petits. Rayons médullaires quelquefois bisériés. Pas de poils à la face inférieure des feuilles.

C. Tweedii. — Presque identique à l'espèce précédente.

C. longifolia. — Dans l'écorce de la tige on observe de nombreuses cellules à épaississement en fer à cheval. Les

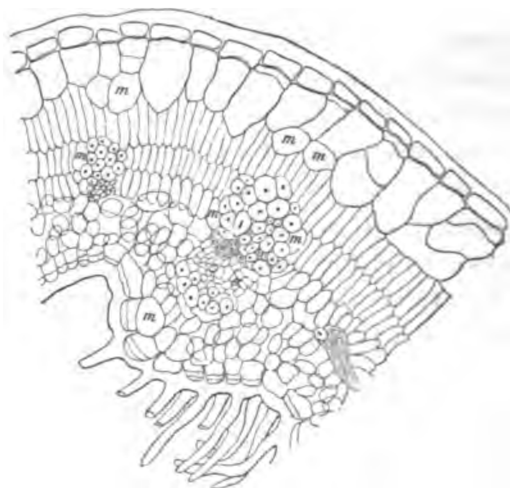


Fig. 29. — *Castela Nicholsoni.* Feuille ; coupe (gr. = 250 env.). — *m*, cellules contenant des macles d'oxalate de calcium.

amas fibreux du péricycle sont plus espacés les uns des autres. Les rayons médullaires sont souvent bisériés. Pas de poils à la face inférieure des feuilles. Les nervures sont accompagnées de une à deux cellules à épaississements sur les parois latéro-internes. Au milieu des cellules en palissades, on observe de-ci de-là, quelques courts sclérites.

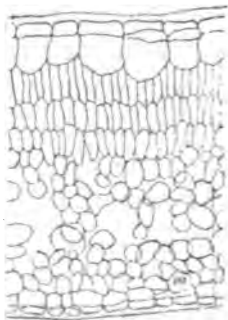


Fig .30. — *Castela Tweedii.* Feuille; coupe (gr. = 250 env.).

C. erecta. — Caractères anatomiques se rapprochant de l'espèce précédente. Dans la feuille quelques sclérites.

Remarque. — Nous avons déjà vu des cellules scléreuses à épaississements irréguliers dans les *Samadera* ; mais tandis que dans ceux-ci les épaississements gagnaient la paroi externe, ici cette paroi externe reste toujours mince.

Holacantha A. Gray.

CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES. — Arbrisseaux sans feuilles, avec rameaux épineux, sur lesquels on trouve les fleurs insérées en glomérules.

Les fleurs sont dioïques. Le calice se compose de cinq à huit sépales, à préfloraison imbriquée. Les pétales en nombre égal aux sépales sont oblongs, à préfloraison imbriquée. Les étamines sont en nombre double des pétales, insérées à la base du disque ; les filets sont épais et velus, les anthères introrses. Le gynécée est rudimentaire.

Dans les fleurs femelles, les étamines sont réduites à des staminodes subulés. Les carpelles sont au nombre de cinq à huit et libres ; les styles sont terminaux, cohérents à la base, les stigmates sont divergents. Dans chaque carpelle il y a un ovule suspendu épitrope. Les fruits se composent de quatre à six drupes, avec un embryon droit, ayant un léger albumen à la maturité, les cotylédons plans.

HABITAT. — Nouveau Mexique.

NOMBRE DES ESPÈCES. — Une.

ESPÈCE ÉTUDIÉE. — *H. Emoryi* A. Gray. (Herb. Kew).

CARACTÈRES ANATOMIQUES. — *Tige* (fig. 31). — Épiderme à parois externes très épaissies ; au-dessous on trouve quelquefois six ou sept rangées de petites cellules subérifiées. Les stomates sont situés au fond de dépression de l'épiderme. Sur cette partie épidermique s'appuient de distance en distance des amas de fibres (fig. 31). Ces amas sont plus épais dans le sens radial que dans le sens tangentiel. Entre ces amas fibreux, on observe un tissu riche en chlorophylle, formé par des cellules plus ou moins allongées, radialement, rapprochées les unes des autres, et ayant l'aspect d'un tissu en palissade à courtes cellules. La zone de ces cellules à chlorophylle a une épaisseur un peu plus grande que les amas de fibres et déborde extérieurement au-dessous des amas fibreux, puis il y a une zone composée de quatre à cinq assises de grandes cellules (ti. lac. fig.31), dont le contenu

n'a pu être étudié, vu la faible quantité de matériaux secs que nous avons eu entre les mains, mais qui paraissent être mucilagineux. Entre ces grandes cellules, les reliant entre elles, se trouvent des cellules plus petites, arrondies, contenant de l'amidon. Le liber situé immédiatement au-dessous est épais, quelques cellules contiennent un gros cristal

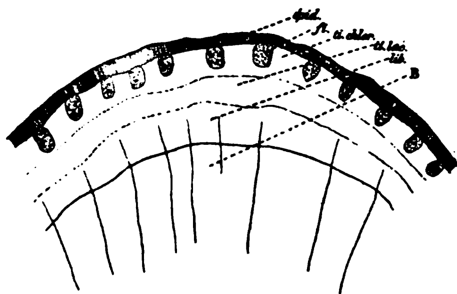


Fig. 31. — *Holacantha Emoryi*. Schéma de la tige (gr. = 60 env.). — *épid.*, épiderme; *fi.*, amas de fibres; *ti. chlor.*, tissu chlorophyllien; *ti. lac.*, zône de grandes cellules; *lib.*, liber; *B.*, bois.

d'oxalate de calcium. Bois avec de très nombreuses fibres et des vaisseaux très petits. Rayons médullaires uniseriés, la plupart des cellules contenant un gros cristal d'oxalate de calcium. La moelle est très restreinte, composée de cellules dont les parois sont épaisses et lignifiées.

Remarque. — Bentham et Hooker, ainsi que Engler ont placé cette plante à côté des *Castela*; Baillon, bien que n'ayant pas vu la plante, maintient ce genre avec doute dans les Simarubacées, à côté des *Castela*. La structure anatomique nous paraît justifier complètement les doutes émis par Baillon. Certes, la plante est aphylle, elle doit donc présenter un tissu assimilateur dans la tige, mais la disposition des amas fibreux, la zone de grandes cellules qui suit la zone du tissu assimilateur, ne rappellent en rien ce que nous avons vu chez toutes les autres Simarubacées. Déjà certains *Castela* ont des feuilles très réduites, mais rien ne fait prévoir dans ce genre, une structure anatomique, qui, même de loin, rappellerait ce qu'on trouve dans le *Holacantha*.

PICRASMINÉES.

Carpelles au nombre de quatre ou cinq, uniséminés, libres. Styles unis à la base ou plus haut, avec branches libres, couvertes en dessus de papilles stigmatiques. Androcée haplostémoné (probablement par avortement) à étamines opposées aux sépales. Étamines sans écailles ligulaires. Fruits libres, non ailés.

A. Pétales plus ou moins divergents. Ovules au milieu ou à la base de l'angle central, avec le micropyle dirigé vers le haut; feuilles alternes, pennées.
 a. Styles soudés à la base seulement ou libres. Ovules suspendus au milieu........................... 15. *Brucea*.
 b. Styles soudés en un seul. Ovules basilaires....... 16. *Picrasma*.
B. Pétales connivents. Ovules soit pendants à micropyle supère, soit ascendants à micropyle ventral et dirigé en bas. Feuilles trifoliolées, opposées........... 17. *Picrella*.

Brucea J. Müll.

Synonymie. — *Lussa*, Rumph. — *Gonus* Lour.

Caractères morphologiques. — Arbres et arbrisseaux amers, à feuilles imparipennées, avec folioles entières ou dentées, ovales ou lancéolées.

Les fleurs sont petites en panicules axillaires et à ramifications latérales formant de fausses ombelles. Elles sont polygames, tétramères. Les sépales sont petits, unis à leur base, à préfloraison imbriquée. Les pétales sont un peu plus longs, linéaires, à préfloraison imbriquée. Les étamines, en nombre égal aux pétales, sont insérées à la base d'un disque épais à quatre lobes, elles sont alternipétales; les filets sont nus, libres et les anthères ovales, introrses, les carpelles rudimentaires. Dans les fleurs femelles, les étamines sont réduites à des staminodes, et les quatre carpelles opposés aux pétales sont libres ou unis seulement à leur base, les styles sont libres ou unis à la base, les stigmates simples et divergents. Chaque carpelle

contient un ovule suspendu épitrope. Les fruits sont au nombre de quatre ou en nombre inférieur par avortement, ils sont drupacés. L'embryon est droit avec un albumen mince à la maturité, les cotylédons plan-convexes.

HABITAT. — Afrique et Asie tropicales. Australie.

NOMBRE DES ESPÈCES. — Cinq.

ESPÈCES ÉTUDIÉES. — *B. antidysenterica* Lam (Herb. Montp.; Serres du Muséum). — *B. paniculata* Lam. (Herb. British Muséum). — *B. sumatrana* Roxb. (Herb. Pierre).

CARACTÈRES ANATOMIQUES. — *Tige.*—Poils externes, longs, flexueux, s'insérant profondément dans l'épiderme. Liège naissant de l'assise sous-épidermique. Écorce divisée en deux zones par une assise de cellules écrasées ; écorce externe collenchymateuse, écorce interne avec de grandes cellules allongées dans le sens tangentiel. Macles nombreuses dans l'écorce. Péricycle avec amas fibreux, peu épais, allongés dans le sens tangentiel, isolés les uns des autres. Liber avec fibres et macles d'oxalate de calcium. Bois homogène avec vaisseaux larges, rayons médullaires unisériés. Cellules de la moelle à paroi lignifiées contenant souvent de grosses macles d'oxalate de calcium ; canaux sécréteurs médullaires, petits, peu nombreux.

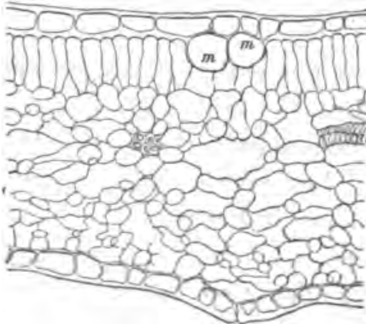


Fig. 32. — *Brucea antidysenterica.* Feuille ; coupe (gr. = 250 env.). — *m*, cellules contenant des macles.

Pétiole. — Poils externes nombreux. Écorce collenchymateuse avec nombreuses macles. Le faisceau libéro-ligneux forme un cercle complet, dans lequel sont inclus quelques faisceaux internes. Les canaux sécréteurs médullaires de la tige se retrouvent dans le pétiole.

Feuille. — Poils rares sur la feuille. Paroi des cellules épidermiques vues de face à contours droits, stomates localisés sur la face inférieure entourés de quatre à cinq cellules.

Une seule rangée de cellules en palissade souvent interrompue par des cellules arrondies contenant une grosse macle d'oxalate de calcium. Cellules du tissu lacuneux avec des cellules plus ou moins ramifiées.

B. sumatrana. — Tige identique, à cela près que les macles sont moins nombreuses. La feuille porte de nombreux poils externes et parmi ces poils quelques-uns sont capités et pluricellulaires.

B. paniculata. — Les parois des cellules épidermiques de la feuille vues de face sont ondulées. Le reste comme dans les espèces précédentes.

Picrasma Blume.

Synonymie. — *Aeschryon* Vell. — *Picræna* Lindl. — *Muenteria* Walp. — *Nima* Hamilton.

Caractères morphologiques. — Arbres amers, à feuilles imparipennées, massées à l'extrémité des rameaux. Les folioles sont entières ou dentées.

Les fleurs sont petites, vert jaunâtre, groupées en panicules formées de fausses ombelles. Elles sont polygames, tétramères ou pentamères. Les sépales sont petits, à préfloraison imbriquée, quelquefois accrescents autour du fruit. Les pétales sont plus longs que les sépales, à préfloraison valvaire. Les étamines sont en nombre égal aux pétales, inserées à la base d'un disque à quatre ou cinq lobes ; elles sont situées en face des pétales ; les filets sont filiformes, sans écaille ligulaire. Les carpelles sont rudimentaires. Dans les fleurs femelles les étamines sont avortées ; les carpelles sont au nombre de deux à cinq, ils sont libres, les styles d'abord libres s'unissent bientôt en un seul et se divisent finalement en stigmates libres. Chaque carpelle contient un ovule ascendant épitrope. Les fruits sont au nombre de un à cinq, ils sont drupacés. La graine contient un embryon droit, avec un albumen plus ou moins copieux à la maturité, les cotylédons sont charnus plan-convexes.

HABITAT. — Asie et Amérique tropicales.

NOMBRE DES ESPÈCES. — Huit environ.

ESPÈCES ÉTUDIÉES. — *P. ailanthoïdes* Pl. (Herb. British Muséum). — *P. excelsa.* Pl. (Herb. Mus. Paris). — *P. javanica* Blume (Herb. Pierre). — *P. nepalensis* Benn (Herb. Drake del Castillo). — *P. quassioides* Benn. (Herb. Planch.; Ex. du Japon). — *P. Tweedii* Pl. (Herb. Planchon).

CARACTÈRES ANATOMIQUES. — *Tige.* Épiderme à petites cellules. Liège naissant de l'assisse sous-épidermique. Écorce externe séparée de l'écorce interne par une assise de cellules écrasées; écorce externe collenchymateuse, écorce interne composée de cellules allongées dans le sens tangentiel; nombreuses macle d'oxalate de calcium dans l'écorce. Le péricycle contient des amas fibreux, épais, rapprochés les uns des autres, irréguliers. Liber assez épais, certaines cellules contiennent des macles. Bois homogène, avec des vaisseaux larges, plus ou moins bien rangés en cercles concentriques. Rayons médullaires unisériés. Moelle formée de grandes cellules contenant souvent de grosses macles d'oxalate de calcium. Canaux sécréteurs médullaires entourés de bonne heure d'un tissu lignifié; il s'ensuit que les canaux sécréteurs semblent situés dans le bois. Cependant si on étudie la tige jeune, on voit que les canaux sécréteurs sont nettement situés dans la moelle (fig. 33).

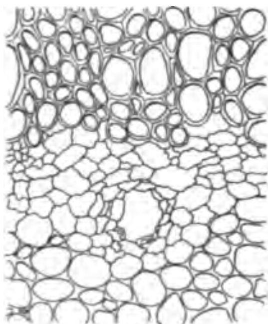


Fig. 33. — *Picrasma quassioides*. Canal sécréteur médullaire dans la tige jeune; coupe transversale (gr. = 250 env.).

Pétiole. — Ecorce collenchymateuse, riche en cristaux d'oxalate de calcium. Le faisceau libéro-ligneux forme un cercle continu; à l'intérieur on observe plusieurs (3 à 5) faisceaux inclus. Les canaux sécréteurs de la tige accompagnent quelquefois les faisceaux libéro-ligneux dans le pétiole (P. *quassioïdes*, *Tveedii*) ou bien manquent (P. *javanica*).

Feuille. — Les parois des cellules épidermiques vues de face sont ondulées. Les stomates, localisés à la face inférieure, sont entourés de cinq à six cellules. Il n'y a qu'une seule rangée de cellules en palissade (dans le *P. nepalensis* on observe cependant une seconde rangée formée de petites cellules). Le tissu lacuneux est formé de cellules ramifiées. Dans la feuille il y a souvent des macles d'oxalate de calcium ; ces macles sont nombreuses (*P. ailanthoïdes*. — *P. excelsa*) plus ou moins rares (*P. javanica*. — *P. nepalensis*, etc.).

Picrella H. Baillon.

Caractères morphologiques. — Arbuste amer, à feuilles opposées, pétiolées à trois folioles. Les folioles sont ovales ou presque ovales, non dentées.

Les fleurs sont petites, blanchâtres, portées sur un pédoncule court avec des préfeuilles, en fausses ombelles, réunies en grappes axillaires. Elles sont hermaphrodites et tétramères, l'axe de l'inflorescence est court et aplati. Les quatre sépales sont ovales, unis à la base, à préfloraison imbriquée; les quatre pétales sont oblongs, ovales, plus longs que les sépales, cohérents, formant une sorte de cloche au-dessous; les extrémités sont réfléchies. La préfloraison est valvaire. Les quatre étamines sont placées en face des sépales, insérées au-dessous d'un disque annulaire épais. Les filets sont assez épais et libres. Les anthères sont courtes, ovales, déhiscentes par les côtés. Les quatre carpelles sont libres à la base ; ils sont unis par les styles qui sont insérés près du sommet des loges ovariennes. Chaque carpelle contient un ovule épitrope ascendant ou descendant. Le fruit n'est pas connu.

Habitat. — Mexique.

Nombre des espèces. — Une.

Espèce étudiée. — P. *trifoliata*. H. Baillon (Herb. Muséum Paris.)

Caractères anatomiques. — Liège naissant de l'assise sous-épidermique. L'écorce contient quelques rares cellules

scléreuses ou de grandes cellules riches en oléorésine ; ces cellules à essence sont situées dans l'écorce externe et dans l'écorce interne. Le péricycle contient aussi quelques grandes cellules à oléorésine ; les amas de fibres péricycliques sont très peu importants. Ils forment de petits groupes de quatre à cinq cellules fibreuses, placées sur un seul cercle, et ne formant que des amas peu importants. Le liber contient quelques macles d'oxalate de calcium. Le bois contient des fibres ligneuses à parois très épaisses et des petits vaisseaux. Les vaisseaux les plus internes contiennent de l'oléorésine. La moelle est composée de cellules ayant leurs parois lignifiées. Les unes contiennent de l'amidon et certaines d'entre elles sont grandes et ont un contenu oléo-résineux.

Pétiole. — Les cellules épidermiques ont des parois externes très épaisses. L'écorce est collenchymateuse et possède de nombreuses macles d'oxalate de calcium. Le péricycle a toujours quelques fibres. Le faisceau libéro-ligneux est concentrique, mais sans faisceau interne.

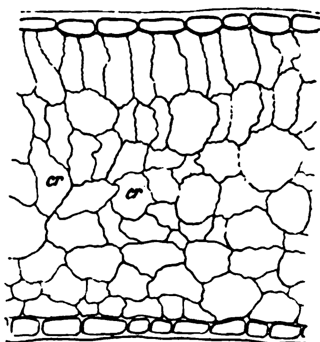


Fig. 34. — *Picrella trifoliata.* Feuille ; coupe (gr. = 350 env.). — *cr.*, cellules contenant des cristaux.

Feuille. — Les parois des cellules épidermiques des faces supérieure et inférieure possèdent des contours droits. Les stomates sont localisés à la face inférieure et entourés de cinq cellules. Il y a deux rangées de cellules en palissade. Ces cellules ont des parois finement ondulées. La rangée la plus interne est interrompue de temps en temps par une grande cellule contenant de l'essence : mais il n'y a aucune glande, comme l'a fait déjà remarquer M. Engler. Les macles sont abondantes surtout du côté de la face supérieure.

PICROLEMMINÉES.

Picrolemma Hook. f.

Caractères morphologiques. — Arbres glabres, avec l'écorce amère. Les feuilles sont imparipennées minces, à nombreuses paires de folioles.

Les fleurs sont petites, portées sur des pédoncules grêles, avec deux préfeuilles, groupées en panicules axillaires composées. Elles sont dioïques. Les *fleurs mâles* sont généralement tétramères, le calice petit, formé de quatre sépales, plus rarement de cinq ou sept unis par le bas, à préfloraison imbriquée. Les pétales sont en même nombre que les sépales, plus longs que ceux-ci à préfloraison imbriquée. Les étamines sont en même nombre que les pétales, opposées aux pétales; les filets sont filiformes, glabres; les anthères sont ovales, versatiles, à déhiscence latérale. Le disque est petit et l'ovaire rudimentaire. Les *fleurs femelles* sont ordinairement pentamères, plus rarement tétramères, les pétales sont en nombre égal à celui des pièces calicinales. Les étamines sont très petites, stériles, insérées au bas d'un disque ondulé qui a quatre ou cinq lobes. Le gynécée se compose de quatre ou cinq carpelles, libres, chaque carpelle contient un ovule pendant, épitrope. Les styles sont insérés un peu au-dessous du sommet des ovaires : ils sont plus courts que ces derniers, reployés en arrière, avec des stigmates capités. Les fruits sont libres, drupacés, obtus. L'embryon a des cotylédons épais, plan-convexes.

Habitat. — Brésil, vers l'Amazone supérieur.

Nombre des espèces. — Une.

Espèce étudiée. — *P. Sprucei* Hook. f. (Herb. Muséum Paris).

Caractères anatomiques. — *Tige*. — L'épiderme se compose de cellules carrées. Le liège naît de l'assise sous-épidermique. L'écorce est divisée en une zone externe et en

une zone interne par un cercle de cellules écrasées; dans la zone externe on remarque de très nombreuses cellules scléreuses ; ces cellules sont isolées ou groupées par nombre plus ou moins grand ; elles forment une première zone protectrice, qui est située presque au-dessous du liège ; la zone interne de l'écorce se compose de cellules allongés dans le sens tangentiel : le péricycle possède des amas de fibres, plus ou moins étendus; les amas sont isolés les uns des autres et irréguliers. Le liber n'est constitué que par quelques assises de cellules. Le bois est homogène, les vaisseaux y sont assez nombreux et le parenchyme ligneux possède des parois cellulaires assez épaisses. Les rayons médullaires sont unisériés ; on ne rencontre que rarement des rayons bisériés. Les canaux sécréteurs périmédullaires sont petits et nombreux ; la moelle est lacuneuse au centre et formée de grandes cellules à parois minces.

Pétiole. — L'écorce est collenchymateuse, avec de nombreux cristaux d'oxalate de calcium. Le faisceau libéroligneux forme un cercle concentrique, dans lequel est contenu un faisceau interne. Le liber est beaucoup plus développé que le bois dans le faisceau interne. Les canaux sécréteurs périmédullaires accompagnent le faisceau dans le pétiole.

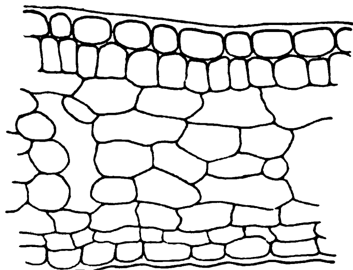


Fig. 35. — *Picrolemma Sprucei.* Feuille ; coupe (gr. = 300 env.).

Feuille. — Les parois des cellules épidermiques des faces supérieure et inférieure vues de face sont droites; les stomates localisés à la face inférieure et entourés de quatre à cinq cellules. En coupe la feuille est très mince (fig. 35) ; les cellules de l'épiderme sont allongées dans le sens tangentiel; au-dessous on trouve une assise de cellules en palissade courtes et larges ; le tissu lacuneux comprend cinq à six assises de cellules laissant quelques méats.

AILANTHINÉES.

Ailanthus Desf.

Synonymie. — *Pongelion* Rheede.

Caractères morphologiques. — Arbres élevés, quelquefois fortement odorants, à feuilles imparipennées et pourvues de nombreuses paires de folioles obliquement lancéolées, entières ou sinuées-dentées.

Les fleurs sont petites, le plus souvent verdâtres, ou vert-purpurin. Elles sont pedonculées, formant des fascicules par deux ou par trois. Les fascicules eux-mêmes sont groupés le plus souvent en panicules terminales très rameuses. Elles sont hermaphrodites et diclines. Les sépales sont petits au nombre de cinq à six ; unis à la base, à préfloraison imbriquée. Les pétales sont en nombre égal aux sépales, plus longs que ceux-ci, oblongs à bords involutés, à préfloraison valvaire. Le disque court est à dix lobes. Les étamines sont au nombre de dix (moins nombreuses ou même absentes dans les fleurs femelles), les filets sont libres sans écailles ligulaires : les anthères sont oblongues, ovales : à loges s'ouvrant par les côtés ou à déhiscence à demi interne. Les carpelles sont rudimentaires ou nuls dans les fleurs mâles ; deux à six dans les fleurs hermaphrodites ou femelles. Ces carpelles sont plus ou moins cohérents à la base ou libres, contenant chacun un ovule suspendu, épitrope, au milieu du placenta. Styles ou bien subulés libres, avec stigmates divergents, ou réfléchis, ou bien soudés avec les stigmates divergents, oblongs et obovales. Les fruits, au nombre de un à cinq, sont indépendants, étroits étirés en aile mince vers le haut et vers le bas, linéaires, oblongs ; dans leur milieu se trouve une loge ovale transversale et une graine transversalement placée, comprimée, à tégument mince et pourvu d'un albumen mince à la maturité. L'embryon possède des cotylédons plans.

HABITAT. — Indes et Asie orientales, Australie.

NOMBRE DES ESPÈCES. — Sept environ.

ESPÈCES ÉTUDIÉES. — *A. calycina.* Pierre (Herb. Pierre) *A. excelsa* Roxb. (Herb. Planchon; Ex. des Indes). — *A. Fauveliana* Pierre (Herb. Pierre). — *A. glandulosa* Desf. (Ex. Montpellier; Herb. Pierre). — *A. imberbifolia*, F. Muell. (Herb. British Muséum). — A. *malabarica* D. C (Herb. British Muséum).

CARACTÈRES ANATOMIQUES. — *Tige.* — Liège naissant de l'assise sous-épidermique : écorce bien développée, séparée en deux zones par une assise de cellules écrasées ; écorce externe collenchymateuse possédant de nombreuses macles d'oxalate de calcium ; écorce interne formée de cellules allongées dans le sens tangentiel possédant aussi des cristaux et des macles d'oxalate de calcium. Péricycle avec de nombreux amas fibreux, allongés en arc, rapprochés les uns des autres de manière à former un cercle presque continu. Liber riche en macles. Bois à parenchyme homogène, avec de larges vaisseaux. Rayons médullaires rarement unisériés, ordinairement pluriseriés, larges. Moelle à parois minces, lignifiées. Canaux sécréteurs nombreux, larges, situés de chaque côté des vaisseaux primaires, presque inclus dans le bois.

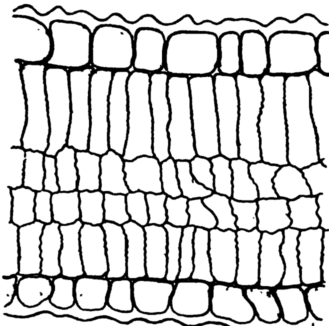


Fig. 36. — *Ailanthus excelsa.* Feuille, coupe (gr. = 300 env.).

Pétiole. — Épiderme pourvu de poils externes. Écorce collenchymateuse. Faisceau libéro-ligneux concentrique, à l'intérieur duquel on observe plusieurs faisceaux libéro-ligneux inclus. Les canaux sécréteurs médullaires de la tige accompagnent les faisceaux qui pénètrent dans le pétiole.

Feuille. — Les parois cellulaires des cellules épidermiques vues de face sont droites. Les stomates sont localisés sur la face inférieure, entourés de cinq à six cellules. Ordi-

nairement il y a deux rangées de cellules en palissade (*A. calycina*, *Fauveliana*, *imberbifolia*, *malabarica*) ; on trouve cependant une seule rangée de cellules en palissade dans *A. glandulosa*. Dans *A. excelsa* (fig. 36), on trouve une feuille très réduite en épaisseur, ayant une rangée de cellules palissadiques à chaque face, les cellules de la face inférieure étant plus petites que celles de la face supérieure ; ces cellules sont en outre à parois finement ondulées ; entre ces deux rangées de cellules on observe deux rangées de petites cellules rectangulaires, il n'y a donc pas ici de tissu lacuneux proprement dit. Dans la plupart des espèces la feuille présente à la face inférieure des papilles épidermiques, bien développées dans *A. Fauveliana*, *imberbifolia* et *malabarica* ; elles le sont moins dans *A. glandulosa*.

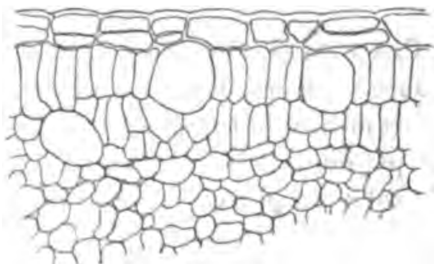


Fig. 37. — *Ailanthus caycinal.* Feuille; coupe de la partie supérieure (gr. = 250 env.).

Dans les espèces où il y a deux rangées de cellules palissadiques on trouve de grandes cellules contenant de l'oléo-résine ; ces cellules sont surtout à la face supérieure, interrompant souvent les cellules palissadiques (fig. 37) : (*A. calycina*, *Fauveliana*, *imberbifolia*, *malabarica*). Enfin dans *A. calycina* seulement on observe à l'épiderme supérieur des cellules qui se dédoublent pour donner naissance à un hypoderme (fig. 37).

SOULAMÉES.

Un, deux ou trois carpelles, unis, uniovulés. Style court et épais avec stigmate sessile (chez les *Soulamea*, *Amaroria* ; peut-être aussi chez les *Picrocardia*) ; trois à six sépales ;

feuilles simples ou imparipennées. Canaux sécréteurs dans la moelle et dans les feuilles.

A. 2-3 carpelles, unis entre eux.
a. Feuilles pennées, avec 1-2 paires de folioles ; sépales et pétales 4-3.................................. 20. *Picrocardia*.
b. Feuilles simples, sépales et pétales 3............. 21. *Soulamea*.
B. 1 carpelle, feuilles simples......................... 22. *Amaroria*.

Picrocardia Radlk.

Caractères morphologiques. — Arbrisseaux à écorce amère ; les feuilles sont alternes, ramassées à l'extrémité des rameaux, imparipennées, à une ou deux paires de folioles. La pétiole atteint la longueur des folioles ; ces dernières obovales ou presque ovales, penninerviées et réticulées en dessous, à bords révolutés.

Les fleurs sont petites, pédonculées, accompagnées de préfeuilles, groupées en fausses ombelles, qui, associées en verticilles, forment des panicules racémiformes de la longueur des feuilles. Les fleurs sont diclines. Les fleurs mâles ont quatre à cinq sépales, unis dans le bas, à segments triangulaires faiblement velus. Les pétales sont au nombre de quatre à cinq, linéaires, glabres, à peine en contact, réfléchis à leur extrémité. Le disque en bourrelet, ondulé, lobé sur le bord et creusé de fossettes. Les étamines sont deux fois aussi nombreuses que les pétales et de longueur égale. Celles qui sont opposées aux pétales sont insérées sur le bord du disque, celles qui sont opposées aux sépales sont insérées un peu plus haut dans la fossette du disque. Les filets sont filiformes, les anthères ovales, échancrées à la base, obtuses au sommet, s'ouvrant par des fentes latérales. Point de gynécée rudimentaire dans les fleurs mâles.

Fleurs hermaphrodites non connues.

Fruit à 2 à 3 expansions aliformes, large, en forme de cœur renversé ; presque drupacé, sec, glabre à deux à trois loges ; les loges sont ailées vers le haut, chacune d'elles porte au-dessous de son sommet et sur le bord un débris

de style. Les nervures courent en direction oblique sur l'épicarpe, l'endocarpe est sclérenchymateux. Les loges sont uniséminées. La graine est suspendue à l'angle central de la loge, épaissie vers le bas ; le tégument est mince, l'albumen charnu. L'embryon a des cotylédons charnus.

Habitat. — Nouvelle-Calédonie.

Nombre des espèces. — Une.

Espèce étudiée. — *P. resinosa.* Radlk. (Ex. Radlkofer ; Herb. Mus. Paris).

Caractères anatomiques. — *Tige.* — Poils externes, longs, pluricellulaires. Épiderme à parois externes très épaisses. Le liège naît de l'assise sous-épidermique. L'écorce externe est composée de plusieurs assises de cellules collenchymateuses. Les macles d'oxalate de calcium y sont abondantes, l'écorce interne est beaucoup moins épaisse que l'écorce externe : entre les deux existe une zone de cellules écrasées. Les fibres du péricycle forment des amas irréguliers, épais, rapprochés les uns des autres. Le liber bien développé contient des fibres groupés par amas de quatre à six fibres. Le bois est composé de nombreux vaisseaux ; les plus internes contenant de l'oléo-résine : les rayons médullaires sont unisériés. La moelle est composée de grandes cellules à parois lignifiées : on y observe quelques rares cristaux d'oxalate de calcium. Les canaux sécréteurs médullaires sont nombreux et situés à la périphérie de la moelle.

Pétiole. — L'épiderme a des cellules dont les parois externes sont épaissies ; poils externes nombreux ; l'écorce externe est collenchymateuse avec des macles et des cristaux d'oxalate de calcium en grand nombre. Le bois est réduit. Le faisceau libéro-ligneux est concentrique avec un faisceau inclus au centre. Les canaux périmédullaires sont nombreux et larges.

Feuille. — La face inférieure montre des stomates réunis par plages avec cinq à six cellules de bordure. Les parois des cellules épidermiques vues de face sont rectilignes. En coupe, les cellules de l'épiderme supérieur sont grandes et

larges, beaucoup d'entre elles présentent une cloison vers la partie supérieure, divisant la cellule en deux cellules d'inégale grandeur ; la plus interne beaucoup plus grande, joue le rôle d'un hypoderme (fig. 38) ; le tissu assimilateur est composé de plusieurs rangées de petites cellules en palissade, le tissu lacuneux est formé de cellules irrégulières plus ou moins ramifiées laissant entre elles des méats. Les nervures sont entourées d'un tissu fibreux de protection qui s'appuie directement sur les deux épidermes et interrompant le tissu assimilateur. Ce tissu de soutien est riche en cristaux d'oxalate de calcium, les nervures sont le plus souvent accompagnées d'un canal sécréteur.

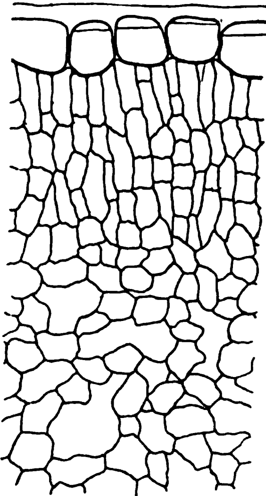


Fig. 38. — *Picrocardia resinosa*. Feuille ; coupe de la partie supérieure (gr. = 250 env.).

Remarque. — M. Radlkofer a bien voulu me donner une foliole de cette plante et j'ai pu me procurer au Muséum d'histoire naturelle de Paris un des exemplaires signalés par M. Radlkofer (Pancher Mus. Nov. Caléd. n° 196) sur lequel j'ai pu étudier la structure de la tige et du pétiole (1).

Soulamea Lam.

Synonymie. — *Cardiocarpus* Reinw, *Cardiophora* Benth.

Caractères morphologiques. — Arbres ou arbrisseaux

(1) Voici d'après Radlkofer (*loc. cit.*, p. 345) les échantillons qui correspondent au *Picrocardia resinosa :* Novo-Caledonia : Deplanche, n° 278 (ins. Taulé, ao. 1861-67, flor. ♂ ; c. indicatione « Cupania », cf. supra, p. 140) ; Pancher, Mus. Neocaled, n° 196 (fruct.) ; Milne, n° 143 (« Isle of Pines, main Peak », octobre 1853, fruct. ; Herb. Hook.).

J'ai étudié le n° 196. Pancher. Quant au n° 278. Deplanche, je l'ai trouvé au Museum de Paris, sous la dénomination de *Saulamea Muelleri* Brong. et

amers, à feuilles alternes longuement pétiolées, simples ou composées, imparipennées.

Les fleurs sont petites, pédonculées, en grappes axillaires ou en fausses grappes composées de fascicules ; ces fleurs sont trimères ou tétramères et même pentamères quelquefois. Elles sont polygames. Les sépales sont unis à la base ou libres. Les pétales alternes, plus longs, quelquefois linéaires, à préfloraison imbriquée ou valvaire. Les étamines sont en nombre double des pièces de la corolle, avec filets libres, nus, courts, subulés ; les anthères sont ovales à déhiscence latérale. Les carpelles sont rudimentaires dans les fleurs mâles. Dans les fleurs femelles les étamines sont stériles ou manquent et les carpelles sont au nombre de deux. Ces styles sont courts, épais, le stigmate est court. Le fruit a deux expansions aliformes, en forme de cœur renversé, à deux loges ; les loges sont ailées vers le haut, avec des nervures parcourant l'épicarpe ; l'endocarpe est sclérenchymateux. La graine est solitaire, fixée au milieu de la loge, à tégument mince, pourvue à la maturité d'un faible albumen ; l'embryon a des cotylédons plan-convexes, minces.

Habitat. — Océanie tropicale et subtropicale.

Nombres des espèces. — Huit.

Espèces étudiées. — *S. amara* Lam. (Herb. Kew). — *S. elegans* Vieill. (Herb. Kew). — *S. fraxinifolia* Brong. et Gris (Herb. Mus. Paris). — *S. Pancheri* Brong. et Gris (Herb. Drake del Castillo ; Herb. British Museum ; — Herb. Mus. Paris). — *S. Muelleri* Brong. et Gris (Herb. Mus. Paris ; Herb. British Mus.). — *S. tomentosa* Brong. et Gris (Herb. British Museum ; — Herb. Mus. Paris). — *S. trifoliata* Baill. (Herb. Mus. Paris). — *S. species* 1° Balansa ; n° 3165 (1868-70), Nouvelle-Calédonie. — 2° Balansa, n° 1063 (1868-70), Nouvelle-Calédonie ; tous deux de l'Herbier du Muséum de Paris. — 3° Vieillard, n° 2417 de l'Herbier du British Museum.

Gris ; j'en parle au paragraphe suivant. Je n'ai pu voir le n° 143 de Milne et le genre *Picrocardia* n'est représenté ni dans l'herbier de Kew, ni dans celui du British Museum.

Caractères anatomiques. — *Tige*. — Épiderme à parois externes fortement épaissies, muni quelquefois de poils longs, pluricellulaires, unisériés (*S. Muelleri*, *tomentosa*, etc.); l'écorce externe est collenchymateuse avec de nombreuses macles d'oxalate de calcium, l'écorce interne est réduite à quelques assises de cellules; les deux écorces sont séparées par une zone de cellules écrasées. Les fibres péricycliques sont groupées en amas plus où moins développés. Le liber est bien développé avec des fibres groupées par trois ou quatre (*S. Muelleri*, *Pancheri*). Le bois présente de nombreux vaisseaux, les plus internes contiennent de l'oléo-résine. Les rayons médullaires sont unisériés. La moelle est à cellules larges, à parois lignifiées avec quelques rares cristaux d'oxalate de calcium. Les canaux sécréteurs périmédullaires sont bien développés.

Pétiole. — Épiderme à parois externes épaisses, poils externes pluricellulaires nombreux. L'écorce est collenchymateuse, le faisceau libéro-ligneux est concentrique et contient au centre un faisceau inclus. Les canaux sécréteurs périmédullaires sont bien développés.

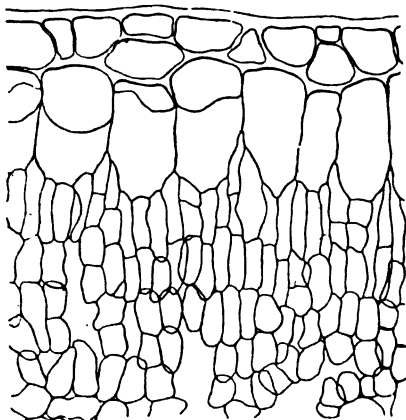


Fig. 39. — *Soulamea trifoliata*. Feuille; coupe de la partie supérieure (gr. = 250 env.).

Feuille. — Les parois des cellules épidermiques vues de face sont rectilignes; les poils sont abondants (*S. Pancheri*, *tomentosa*, etc.). Les stomates sont localisés sur la face inférieure, réunis en plages avec cinq ou six cellules de bordure; dans une seule espèce (*S. Pancheri*) les stomates sont situés au fond d'anfractuosités de la face inférieure des feuilles rappelant un peu les cryptes des *Nerium*. La plupart des feuilles,

présentent un hypoderme très développé et constant (*S. trifoliata* (fig. 39) ou bien interrompu de loin en loin (*S. amara*, — *S. fraxinifolia*, fig. 40); ou bien si l'hypoderme n'existe pas d'une manière constante, on trouve de temps à autre, au milieu des grandes cellules épidermiques pourvues ou non d'une cloison mince, un véritable hypoderme (*S. tomentosa*, fig, 41). — Le tissu palissadique est généra-

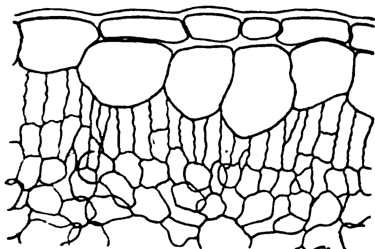


Fig. 40. — *Soulamea fraxinifolia.* Feuille ; coupe de la partie supérieure (gr. = 250 env.).

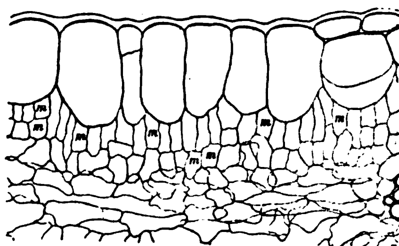


Fig. 41. — *Soulamea tomentosa.* Feuille ; coupe de la partie supérieure (gr. = 250 env.). *m.*, cellules contenant des macles.

lement composé de plusieurs rangées de cellules irrégulières plus ou moins ramifiées. Les nervures interrompent le tissu palissadique par le développement d'un épais tissu fibreux de protection, et sont accompagnées d'un canal sécréteur.

Remarque. — Les caractères anatomiques qui se rencontrent dans le *Picrocardia* et dans ce genre ne permettent guère de les séparer. Nous devons rappeler que le *S. Muelleri* que nous avons vu au Muséum porte l'indication suivante : « Ile de Taulé, Deplanche n° 278 (1861-67) ». Or cette indication est donnée justement par Radlkofer comme étant celle d'un des échantillons qui lui a servi à décrire le genre *Picrocardia*. Au point de vue anatomique le *S. Muelleri* présente des caractères identiques à ceux des *Soulamea*.

Brongniart et Gris ont décrit le *S. Muelleri* (*Annales des Sc. naturelles*, *Bot.* 5ᵉ série, t. III, p. 231), sur un échantillon qui n'est pas celui de Deplanche; mais la plante étiquetée *S. Muelleri* que j'ai pu voir au Muséum correspond

bien à la description donnée par les auteurs précités. D'autre part, le n° 196 de Pancher, qui est cité par Radlkofer comme étant le *Picrocardia resinosa*, ne m'a pas paru identique au *Soulamea Muelleri* du Muséum qui porte comme double indication : « n° 2416 Vieillard. Ile de Taulé Deplanche, n° 278 ». Du reste, les caractères différentiels admis par par Radlkofer et Engler pour caractériser ces deux genres sont tirés de la feuille et du nombre des pièces composant chaque cycle floral. La feuille des *Soulamea* est donnée comme entière non seulement par Engler, mais aussi par Bentham et Hooker; cependant d'autre part, Baillon dit textuellement : « les feuilles sont simples ou composées pennées ». Du reste dans les herbiers du British Muséum, j'ai retrouvé le *S. Muelleri* Brong. et Gris, portant simplement comme indication le n° 2416, ce qui identifie la provenance des deux échantillons conservés l'un dans l'herbier de Paris, l'autre dans l'herbier de Londres.

Nous avons vu à Kew, le *Soulamea terminalioïdes* Baker, avec des feuilles simples, mais nous y avons vu aussi le *S. elegans* Vieill., avec des feuilles composées. De même au British Muséum nous avons vu le *S. tomentosa* Brong. et Gris avec des feuilles composées, tandis que le *S. Pancheri* Brong. et Gris est à feuilles simples. Donc les *S. amara*, *elegans*, *terminalioïdes* et *Pancheri* ont des feuilles simples, tandis que *S. tomentosa*, *Muelleri et fraxinifolia* ont des feuilles composées, ainsi que *S. trifoliata* Baill. La planche I représente l'échantillon de Pancher n° 196 (*Picrocardia resinosa* Radlk.) et on peut voir qu'une même branche peut porter des feuilles simples et des feuilles composées.

La conclusion qui s'impose est que le genre *Soulamea* ne peut être caractérisé par les feuilles. Le caractère tiré du nombre des pièces des cycles floraux ne permet pas davantage de différencier les deux genres. Le *S. amara* a des fleurs trimères, il en de même des *S. fraxinifolia* Brong. et Gris, *S. cardioptera* Baill. et *S. trifoliata* Baill., mais les fleurs sont tétramères dans les *S. Pancheri* et *tomentosa*; et

tétramères ou pentamères dans le *S. Muelleri*; cependant le *S. Pancheri* a des feuilles simples, tandis que le *S. tomentosa* a des feuilles composées; ce qui ne permet pas de les grouper en se basant sur l'un ou l'autre de ses caractères.

Ces observations avaient déjà été faites par Brongniart et Gris (1).

Si nous ajoutons qu'au point de vue anatomique nous n'avons pas trouvé de caractères différentiels entre ces deux genres, nous pensons qu'il faut conclure que le *Picrocardia* ne peut être maintenu comme genre distinct, puisqu'il correspond au *S. Muelleri*, et que les *Soulamea* comprennent des espèces à fleurs trimères, tétramères ou pentamères, ainsi que des espèces à feuilles entières ou simples. Au point de vue anatomique, la feuille se caractérise par l'existence d'un hypoderme plus ou moins différencié et d'un tissu palissadique composé de cellules courtes, disposées en plusieurs assises et riches en goutelettes réfringentes.

Amaroria A. Gray.

Caractères morphologiques. — Petit arbre, amer, à feuilles longuement pétiolées, simples, oblongues.

Les fleurs sont petites, en courtes panicules axillaires, simulant des grappes Les fleurs sont unisexuées, monoïques ou dioïques. Les *fleurs mâles* sont trimères; il y a trois sépales et trois pétales assez grands, ovales. Les étamines sont en nombre double des pétales, insérées à la base d'un disque épais, profondément découpé en six lobes. Les filets sont très courts, les anthères sont ovales, à déhiscence latérale.

Les *fleurs femelles* sont composées de quatre à cinq sépales petits et persistants; quatre à cinq pétales linéaires,

(1) *Ann. des Sc. nat. bot.*, 5e série, t. III, 1865, p. 229.

carénés. Les staminodes sont subulés, en nombre double de celui des pétales, insérés à la base d'un disque épais à huit à dix échancrures. Il n'y a qu'un carpelle. Ce carpelle est ovale, uniloculaire, avec un ovule pendant, épitrope, au-dessous du sommet; le stigmate est sessile. Le fruit est une drupe, ovale, légèrement comprimée à sarcocarpe mince et à noyau osseux. La graine remplit presque toute la loge. L'embryon possède une radicule très courte et des cotylédons plans, ovales.

Habitat. — Iles Fidji.

Nombre des espèces. — Une.

Espèce étudiée — *A. soulampïdes* A. Gray (Herb. Muséum).

Caractères anatomiques. — *Pétiole.* — Les cellules épidermiques possèdent des parois externes très épaisses. L'écorce est divisée en deux zones par une assise de cellules écrasées. La zone externe, la plus puissante des deux, est collenchymateuse, la zone interne, plus réduite, est composée de cellules allongées dans le sens tangentiel. Il y a de nombreuses macles dans l'écorce. Le péricycle possède des amas fibreux petits, irréguliers, isolés les uns des autres. Le liber possède des macles dans les cellules du parenchyme libérien. Le bois est compact, homogène avec des rayons médullaires unisériés. Le faisceau libéro-ligneux forme un cercle complet qui contient dans le centre de la moelle un double faisceau libéro-ligneux dont les deux parties sont opposées l'une à l'autre.

La moelle a des canaux sécréteurs périmédullaires; on observe ainsi entre les deux faisceaux centraux un canal sécréteur. La moelle est composée de cellules dont les parois sont lignifiées.

Feuille. — Les cellules épidermiques de la surface supérieure, vues de faces, ont des parois droites : il en est de même des parois des cellules de la surface inférieure. Les stomates sont entourés de quatre à six cellules de bordure. On observe des poils à la face inférieure, ces poils sont presque exclusivement sur les nervures.

En coupe (fig. 42) les cellules épidermiques supérieures sont irrégulières, la plupart sont petites, pourvues alors d'un hypoderme formé de grandes cellules, plus rarement on n'observe qu'une grande cellule épidermique sans hypoderme. Il y a deux rangées de petites cellules palissadiques à parois légèrement ondulées. Le tissu lacuneux est composé de cellules ramifiées. Les nervures sont protégées par du tissu collenchymateux qui interrompt les cellules assimilatrices et vient s'appuyer directement sur les deux épidermes.



Fig. 42. — *Amaroria soulamoïdes.* Feuille; coupe (gr. = 250 env.).

Dans les plus grosses nervures de la feuille on voit encore un canal sécréteur périmédullaire qui accompagne le faisceau libéro-ligneux.

Remarque. — Les caractères anatomiques rapprochent beaucoup ce genre des *Soulamea.*

KIRKIÉES.

Kirkia Oliver.

Caractères morphologiques. — Arbres à feuilles glabres, ramassées à l'extrémité des rameaux, pennées avec de nombreuses paires de folioles.

Les fleurs sont vert jaunâtres, ou blanchâtres, groupées en cymes scorpioïdes courtes unies elles-mêmes en panicules rameuses. Elles sont hermaphrodites ou polygames, tétramères. Les sépales sont unis à la base seulement. Les pétales sont oblongs, plus longs que les sépales. Les étamines, en nombre égal aux pétales, sont alternipétales, placées autour d'un disque charnu ; les filets sont filiformes sans appendice ligulaire : les anthères sont ovales

s'ouvrant par deux fentes longitudinales internes. Les carpelles sont au nombre de quatre, enfoncées dans le disque, les styles sont libres, courts, terminés par un stigmate pointu. Chaque carpelle contient un ovule suspendu, épitrope. Le fruit est sec, oblong, à quatre loges, indéhiscent se séparant vers le haut en drupes suspendues à un carpophore central. La graine n'a plus d'albumen à la maturité, elle possède un tégument mince ; les cotylédons sont charnus et plans.

HABITAT. — Région du Zambèze.

NOMBRE DES ESPÈCES. — Deux.

ESPÈCES ÉTUDIÉES. — *K. acuminata.* Oliver. (Herb. Kew) *K. Wilmsii.* Engl. (Herb. Kew).

CARACTÈRES ANATOMIQUES. — *Tige.* Liège naissant de l'assise sous-épidermique. Ecorce avec de nombreuses macles d'oxalate de calcium ; on trouve dans l'écorce externe de nombreuses cellules scléreuses à lumière large. Les amas fibreux péricycliques sont isolés les uns des autres. Le liber forme des amas nettement limités par les rayons médullaires qui s'élargissent vers la périphérie. La région libérienne présente de nombreuses fibres et des macles. Le bois est homogène, avec de nombreux vaisseaux. Les rayons médullaires sont unisériés. La moelle possède des cellules à parois lignifiés. Il n'y a pas de canaux sécréteurs médullaires.

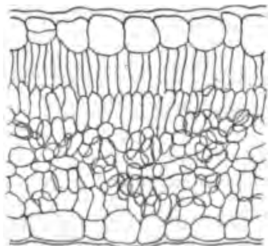


Fig. 43. — *Kirkia acuminata.* Feuille ; coupe (gr. = 250 env.).

Pétiole. — Ecorce collenchymateuse avec de nombreuses macles d'oxalate de calcium. Faisceau libéro-ligneux concentrique avec petit faisceau inclus.

Feuille (fig. 43). — Les épidermes vus de face montrent des cellules à parois rectilignes. Les stomates ne se rencontrent que sur la face inférieure. Les cellules épidermiques sont de temps en temps pourvues d'une mince membrane transversale qui divise les cellules en deux. Il y

a deux rangées de cellules en palissade. Le tissu lacuneux est formé de cellules arrondies à parois minces; à la face inférieure, les cellules de la dernière rangée, qui s'appuient sur les cellules épidermiques ont une tendance à s'allonger dans le sens de la largeur de la feuille, formant un tissu pseudo-palissadique.

Dans le *Kirkia Willmsii* on observe des papilles, à la face inférieure de la feuille; papilles qui font défaut dans le *K. acuminata.*

IRVINGIÉES

Cinq à deux carpelles; complètement cohérents, chacun avec un ovule suspendu au-dessous de leur milieu, styles soudés en une colonne subulée terminée par un stigmate simple. Nombre des étamines double de celui des pétales; fruit : drupe pluriloculaire ou uniloculaire.

A. Carpelles, 5. Fruit avec 4-5 noyaux épineux.......... 24. *Klainedoxa.*
B. Carpelles, 2. Fruit drupacé uniloculaire.............. 25. *Irvingia.*

Klainedoxa Pierre.

Caractères morphologiques. — Arbres élevés. Feuilles simples brièvement pétiolées.

Les fleurs sont petites, en longues grappes, unies elles-mêmes en une grappe terminale. Elles sont hermaphrodites et pentamères. Les sépales sont ovales à préfloraison imbriquée. Les pétales, largement elliptiques, sont aussi longs que les sépales, à préfloraison également imbriquée. Les étamines sont au nombre de neuf ou dix insérées à la base d'un disque épais. Les étamines opposées aux pétales sont plus courtes que les autres. Toutes ont des filets subulés et des anthères arrondies, ovales, s'ouvrant un peu en dedans. Les carpelles sont au nombre de cinq, complètement unis; le style est subulé, recourbé, à stigmate simple. Dans chaque carpelle on trouve un ovule pendant, épitrope.

Le fruit est aussi large que haut, avec un sarcocarpe mince et cinq graines allongées, ligneuses, fibreuses et épineuses. La graine est portée par un assez long funicule oblong, à tégument presque noir, brillant, avec un albumen mince à la maturité. L'embryon a des cotylédons linéaires oblongs.

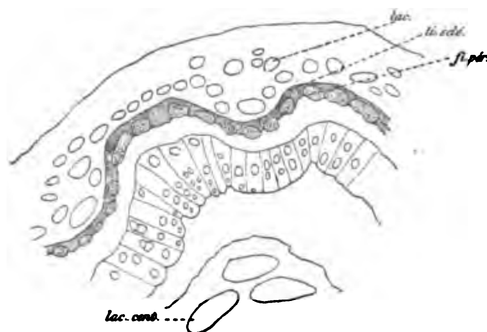


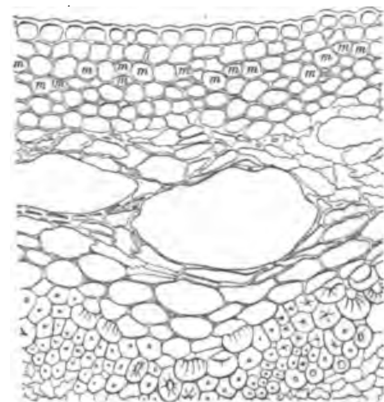
Fig. 44. — *Klainedoxa macrophylla*. Schéma de la tige (gr. = 60 env.). *lac.*, lacunes mucilagineuses; *ti. sclé.*, tissu scléreux; *fi. pér.*, amas de fibres péricycliques; *lac. cent.*, lacunes centrales.

Habitat. — Afrique occidentale.

Nombre des espèces. — Trois.

Espèces étudiées. — *K. gabonensis* Pierre (Ex. Pierre). — *K. macrophylla* Pierre mns. (Ex. Pierre). — *K. longifolia* Pierre, mns. (Ex. Pierre).

Caractères anatomiques. — *Tige* (figure 44). — L'épiderme se compose de petites cellules. Le liège naît de l'assise sous-épidermique. L'écorce externe est collenchymateuse et contient de nombreux cristaux d'oxalate de calcium. L'écorce interne montre, en très grand nombre, des cellules larges à contenu mucilagineux (figure 45). Les amas fibreux du péricycle sont reliés entre eux par des cellules scléreuses et le tout forme ainsi un cercle continu protecteur. Le liber est réduit. Le bois est hétérogène, il contient de nombreuses fibres ligneuses, des


Fig. 45. — *Klainedoxa longifolia*. Écorce de la tige; coupe transversale (gr. = 250 env.).

cellules parenchymateuses à parois épaisses et des vaisseaux nombreux et larges. Les rayons médullaires sont unisériés. La moelle est lignifiée à la périphérie : au centre les parois des cellules médullaires sont minces et il existe de grandes lacunes à mucilage (fig. 44).

Pétiole. — L'épiderme est formé de petites cellules. L'écorce externe est collenchymateuse et riche en oxalate de calcium. L'écorce la plus interne contient de nombreuses grandes cellules à mucilage. Le faisceau est concentrique et au centre il y a une partie médullaire laissant une large lacune.

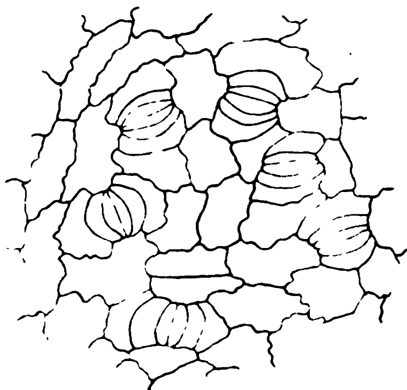


Fig. 46. — *Klainedoxa longifolia.* Face inférieure de la feuille (gr. = 100 env.).

Feuille. — Les épidermes, vus de face, montrent des cellules dont les contours sont faiblement ondulés. Les stomates sont entourés de quatre cellules de bordure, dont deux sont toujours latérales et deux situées en haut et en bas (fig. 46 et 47). L'hypoderme est développé, avec des cellules beaucoup plus grandes que celles de l'épiderme (fig. 48); il y a en dessous une rangée de cellules assimilatrices. Le tissu lacuneux est formé de cellules plus ou moins irrégulières, laissant entre elles de nombreuses lacunes. Les nervures sont entourées d'une zone épaisse de tissu fibreux qui les protège.

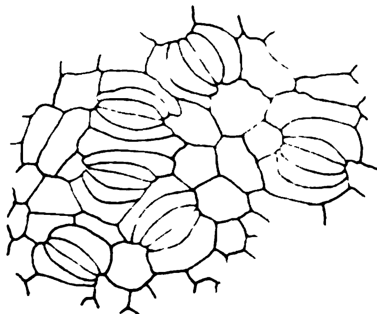


Fig. 47. — *Klainedoxa gabonensis.* Face inférieure de la feuille (gr. = 100 env.).

Remarque. — Pierre a émis l'avis que les *Klainedoxa*

réunis aux *Irvingia* devraient former la famille des Irvingiacées voisine, mais distincte de celle des Simarubacées. Certains caractères anatomiques militeraient en faveur de cette opinion. La présence des grandes lacunes mucilagineuses dans l'écorce et dans la moelle, et bien plus encore la forme des cellules qui entourent les stomates, si différentes de celles qu'on observe chez toutes les Simarubacées, permettent de distinguer très nettement les *Klainedoxa* et les *Irvingia* de toutes les autres Simarubacées.

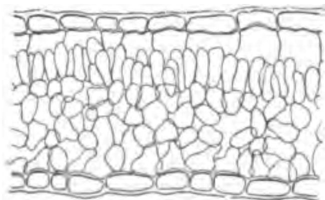


Fig. 48. — *Klainedoxa macrophylla.* Feuille; coupe (gr. = 250 env.).

Irvingia Hook. f.

Caractères morphologiques. — Arbres avec des ramifications terminales grêles. Les feuilles brièvement pétiolées, glabres, oblongues, dures.

Les fleurs sont petites, blanchâtres ou jaunâtres, exhalant une odeur suave, pédonculées, en panicules composées, lâches, terminales ou axillaires. Elles sont hermaphrodites tétramères ou pentamères. Les sépales sont petits, à préfloraison imbriquée. Les pétales sont en même nombre que les sépales à préfloraison imbriquée. Les étamines sont au nombre de huit à dix, elles sont insérées au-dessous d'un disque épais et formant un bourrelet. Les filets sont libres, minces, filiformes. Les anthères sont ovales, arrondies, à déhiscence latérale. Il y a deux carpelles entièrement soudés, chacun d'eux contient un ovule suspendu et épitrope. Le style est subulé, recourbé, avec un stigmate simple. Le fruit est une drupe assez volumineuse, oblongue, un peu comprimée, uniloculaire et uniséminée. Le sarcocarpe est épais, l'endocarpe épais et dur. La graine est comprimée, recouverte d'une enveloppe extérieure, brillante. L'albumen est

ordinairement très réduit à la maturité. L'embryon est à radicule courte, les cotylédons sont plan-convexes.

HABITAT. — Afrique tropicale, Cochinchine et Malacca.

NOMBRE DES ESPÈCES. — Quatre.

ESPÈCES ÉTUDIÉES. — *I. Barteri* Hook. f. (Herb. Muséum). — *I. gabonensis* Baillon. (Herb. Pierre). — *I. Olivieri* Pierre (Herb. Pierre).

CARACTÈRES ANATOMIQUES. — *I. gabonensis*. — *Tige*. — Liège naissant dans l'assise sous-épidermique. Au-dessous, dans les assises externes de l'écorce, une rangée presque continue de cellules scléreuses dont les parois internes et latérales sont épaissies. On rencontre aussi de nombreux cristaux d'oxalate de calcium. L'écorce interne contient de grandes cellules à mucilage, avec quelques cellules scléreuses isolées. Le péricycle contient des amas de fibres, formant des îlots irréguliers, isolés les uns des autres et reliés entre eux par des cellules scléreuses. Le tissu protecteur forme donc un cercle continu. Le liber contient des fibres et des cristaux d'oxalate de calcium. Le bois se compose de cellules parenchymateuses à parois peu épaisses, de fibres ligneuses et de gros vaisseaux ligneux. La moelle, lignifiée à la périphérie, conserve au centre des cellules à parois minces et de nombreuses lacunes mucilagineuses.

Pétiole. — Le tissu cortical externe est collenchymateux, le tissu interne contient de grandes cellules à mucilage. Il y a un faisceau libéro-ligneux presque concentrique, à l'intérieur il y a une grande lacune médullaire.

Feuille. — L'épiderme supérieur, vu de face, présente des cellules à parois rectilignes, tandis que les parois des cellules épidermiques de la face inférieure sont ondulées. Les stomates sont localisés sur la face inférieure, ces stomates sont presque identiques à ceux observés dans le genre *Klainedoxa*.

L'épiderme supérieur présente des cellules souvent pourvues d'une paroi transversale, qui découpe alors un hypoderme plus ou moins irrégulier. Il n'y a qu'une seule rangée

de cellules en palissade (fig. 49). Dans le tissu lacuneux, formé de cellules arrondies ou légèrement ramifiées, on trouve quelques-unes de ces cellules pourvues de parois assez épaisses. Les nervures sont fortement protégées par une zone épaisse de tissu fibreux qui les entoure.

I. Barteri. — Il faut noter l'existence d'un hypoderme constant, bien délimité, ainsi que de véritables sclérites courant généralement parallèlement aux faces de la feuille, mais souvent plus ou moins ramifiées. Ces sclérites sont à lumière large. Les parois externes des cellules épidermiques de la face inférieure sont proéminentes vers l'extérieur et présentent une tendance à se prolonger en papilles.

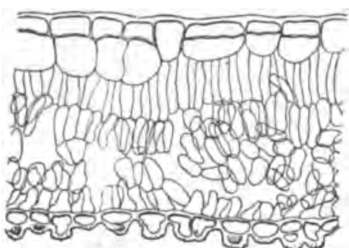


Fig. 49. — *Irvingia Olivieri.* Feuille ; coupe (gr. = 250 environ).

J. Olivieri. — Ici, comme le montre la figure 49, les papilles sont nettes, l'hypoderme est plus ou moins irrégulier, mais s'observe ordinairement : les sclérites sont rares, mais sont constituées comme dans l'*I. Barteri*. Les autres caractères de la tige et du pétiole de ces deux dernières espèces sont semblables à ceux de l'*I. gabonensis*.

Remarque. — Plusieurs auteurs ont considéré l'*I. Barteri* comme devant être confondu avec l'*I. gabonensis*. Les caractères anatomiques de la feuille paraissent motiver l'opinion de ceux qui font, de ces deux plantes, deux espèces distinctes.

PICRAMNIOIDÉES

PICRAMNIÉES

Picramnia Sw.

Synonymie. — *Tariri* Aubl.

Caractères morphologiques. — Arbres ou arbrisseaux,

souvent très amers ; à feuilles alternes, imparipennées ; les folioles obliquement ovales ou oblongues, longuement acuminées, glabres ou munies de poils serrés jaunâtres ou brunâtres.

Les fleurs souvent très petites, rouges ou verdâtres, dioïques ; les mâles en glomérules ou en fascicules, formant de faux épis ou de fausses grappes ; les femelles souvent plus longuement pédonculées en grappes ; les inflorescences partielles formant des panicules. Les fleurs à trois ou cinq divisions à chaque cycle. Les sépales trois à cinq, unis à la base, imbriqués. Les pétales en même nombre, linéaires, plus longs que les sépales. Les *fleurs mâles* possèdent trois à cinq étamines opposées aux pétales, insérées entre les lobes d'un disque mince ; les filets sont subulés, les anthères introrses, presque globuleuses à connectif épais ; l'ovaire est rudimentaire ou nul. Les *fleurs femelles* possèdent trois à cinq staminodes linéaires en face des pétales. L'ovaire, inséré sur le disque, est composé de deux à trois carpelles, chaque carpelle renferme deux ovules épitropes suspendus au sommet. Il y a deux à trois styles qui sont quelquefois un peu cohérents, et dont les branches sont recourbées en arrière. Le fruit est une baie ovale ou presque sphérique, à une ou deux loges, rarement à trois loges, renfermant chacune une graine. La graine est pendante, à tégument mince, d'un rouge pâle, sans albumen à maturité : l'embryon est presque sans radicule.

HABITAT. — Amérique tropicale.

NOMBRE DES ESPÈCES. — Trente environ.

ESPÈCES ÉTUDIÉES. — *P. andicola* Tul. (Herb. Muséum Paris). — *P. antidesma* Sw. (Herb. Muséum Paris). — *P. apetala* Tul. (Herb. Planchon). — *P. Bonplandiana* Tul. (Herb. Paris et Herb. British Museum). — *P. ciliata* Mart. (Herb. British Museum). — *P. costaricensis* Tul. (Herb. Planchon). — *P. Gardneri* Planchon (Herb. Brit. Museum). — *P. Glaziowiana* Engl. (Herb. Muséum Paris). — *P. gracilis* Tul. (Herb. Planchon). — *P. grandiflora* Engl. (Herb.

Muséum Paris). — *P. longissima* Tul. (Herb. Planchon). — *P. lucida* Tul. (Herb. Planchon). — *P. micrantha* Tul. (Herb. Muséum Paris). — *P. pentandra* Sw. (Herb. Drake del Castillo). — *P. polyantha* Planchon (Serres Mus. Paris). — *P. Sellowii* Planchon (Herb. British Museum et Herb. Museum Paris). — *P. sphærocarpa* Planch. (Herb. Planchon). — *P. Teapensis* Tul. (Herb. Planchon). — *P. venicosa* Tul. (Herb. Planchon). — *P. violaceum* Triana (Herb. British Muséum).

CARACTÈRES ANATOMIQUES. — *Tige.* — L'épiderme se prolonge quelquefois en poils, droits, rigides, unicellulaires. Le liège naît de l'assise sous-épidermique. L'écorce externe est collenchymateuse, passant peu à peu à l'écorce interne, sans qu'on observe entre les deux parties de l'écorce la zone de cellules écrasées qui existe dans presque toutes les Simarubacées, avec quelques macles dans certaines cellules corticales. Le péricycle est constitué par un cercle continu de cellules de renforcement ; les amas fibreux étant réunis les uns aux autres par des cellules scléreuses (fig. 50). Le liber est le plus ordinairement dépourvu de macles et de fibres ; il est toujours peu développé. Le bois est homogène, avec des vaisseaux à lumen rétréci. Les rayons médullaires sont unisériés. Les parois des cellules médullaires se lignifient de bonne heure, même celles qu'entourent les vaisseaux internes du bois primaire. Il n'y a pas de canal sécréteur dans la moelle. On observe des macles ou des cristaux d'oxalate de calcium dans la moelle.



Fig. 50. — *Picramnia venicosa.* Écorce pericycle et liber externe de la tige ; coupe transversale (gr. = 250 environ.). — *m.*, cellules avec macles.

Pétiole. — L'écorce est collenchymateuse, avec de nombreuses macles d'oxalate de calcium. Le faisceau libéroligneux est concentrique, sans faisceau inclus; ce faisceau est presque toujours ouvert à la base des folioles.

Feuille. — Les parois des cellules épidermiques vues de face sont presque toujours ondulées. Les stomates sont localisés à la face inférieure, ils sont entourés de trois à cinq cellules et la disposition de ces cellules rappelle celle que l'on trouve dans toutes les Simarubacées. La face inférieure des folioles possède quelquefois des poils externes droits plus ou moins longs.

La feuille est mince, composée d'un petit nombre de cellules; il n'existe qu'une seule rangée de cellules en palissade, ces cellules sont plus ou moins allongées, quelquefois assez irrégulières comme dans *P. gracilis* (fig. 51).

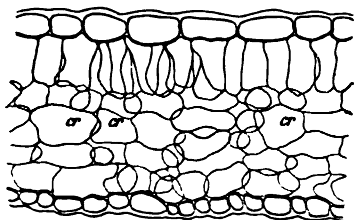


Fig. 51. — *Picramnia gracilis.* Feuille; coupe transversale (gr. = 250 env.). — *cr.*, cellules avec cristaux.

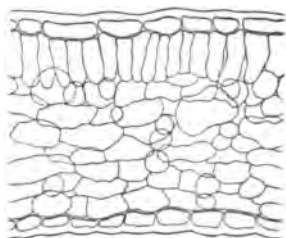


Fig. 52. — *Picramnia antidesma.* Feuille; coupe (gr. = 250 env.).

Le tissu lacuneux comprend cinq ou six rangées de cellules plus ou moins irrégulières. Certaines espèces n'ont pas ou ont très peu de macles comme dans *P. antidesma* (fig. 52); le plus souvent on observe des macles ou des cristaux situés dans les cellules à peine différenciées du tissu lacuneux. *P. gracilis* (fig. 51); ou bien les macles sont très grosses et contenues dans des cellules beaucoup plus grandes du tissu lacuneux, ou même dans de grandes cellules qui interrompent les cellules en palissade comme dans *P. apetala* (fig. 53).

Remarque. — L'homogénéité des caractères observés

dans les *Picramnia* nous permet de ne pas décrire chaque espèce étudiée à part. Un certain nombre de caractères anatomiques permettent de distinguer les *Picramnia* des autres Simarubacées : Le pétiole ne contient pas de faisceau inclus dans le faisceau libéro-ligneux et est toujours ouvert, à la base des folioles; la minceur de la feuille et le tissu palissadique, toujours constitué par une seule rangée de cellules; enfin, dans la tige, l'absence de la zone de cellules écrasées qui séparent l'écorce externe de l'écorce interne dans presque toutes les autres Simarubacées, et le faible développement du liber.

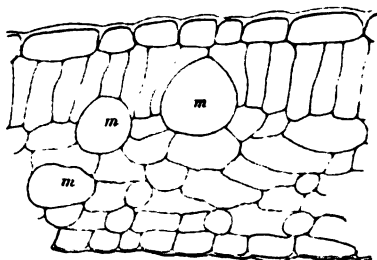


Fig. 53. — *Picramnia apetala*. Feuille; coupe gr. = 250 env.). — *m.*, cellules avec macles.

ALVARADOIDÉES

ALVARADOÉES

Alvaradoa Lieb.

Caractères morphologiques. — Arbrisseaux amers à feuilles alternes imparipennées, folioles nombreuses, ordinairement recouvertes de poils courts.

Fleurs petites en grappes multiflores terminales ou axillaires. Ces fleurs sont dioïques pentamères. Les sépales sont petits, unis à leur base, à préfloraison valvaire. Les pétales sont ordinairement avortés. Dans les *fleurs mâles* on trouve cinq staminodes réduits à leur filet stérile, et cinq étamines fertiles, alternisépales, les filets sont longs, filiformes ; les anthères sont introrses à déhiscence longitudinale. Disque à cinq lobes ; gynécée nul. Dans les *fleurs femelles*, les étamines sont nulles, le disque a trois ou cinq lobes, l'ovaire comprend deux ou trois carpelles, dont un ou deux sont vides ; le car-

pelle fertile contient deux ovules insérés à la base de la loge : ces ovules sont ascendants avec un micropyle infère : les styles sont inégaux et les stigmates, subulés, reployés en arrière. Le fruit est capsulaire, comprimé, presque samaroïde avec deux ou trois ailes atténuées en pointes, pourvues sur les bords d'un duvet blanc. La graine est comprimée, à tégument mince, sans albumen à la maturité, avec un embryon à cotylédons plans et à radicule tourné vers le bas.

HABITAT. — Amérique centrale.

NOMBRE DES ESPÈCES. — Trois.

ESPÈCES ÉTUDIÉES. — *A. amorphoïdes* Liebm (Herb. Kew). — *A. jamaicensis* Benth. (Herb. Kew).

CARACTÈRES ANATOMIQUES. — *Tige*. — Cellules épidermiques ayant des parois externes épaisses, présentant souvent des poils unicellulaires ou des poils capités avec un pédicelle court et une cellule terminale ovale. Liège naissant de l'assise sous-épidermique. Écorce interne à cellules arrondies, présentant vers l'intérieur une zone de cellules écrasées qui sépare l'écorce externe de l'écorce interne. Cristaux et macles d'oxalate de calcium dans l'écorce. Péricycle fibreux formant un cercle continu, peu épais (fig. 54). Liber uniforme. Bois homogène présentant des vaisseaux internes remplis souvent d'oléorésine. Rayons médullaires unisériés. Moelle sans canaux sécréteurs. les cellules ont des parois lignifiées peu épaisses.

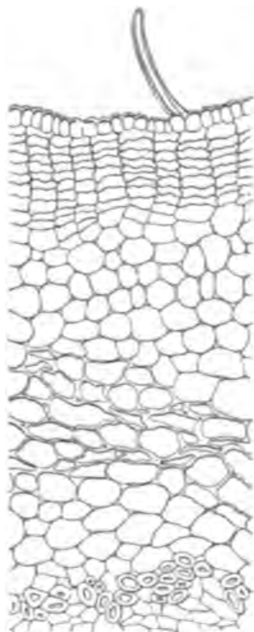


Fig. 54. — *Alvaradoa amorphoïdes*. Écorce et péricycle de la tige ; coupe transversale (gr. = 250 env.).

Pétiole. — Écorce collenchymateuse, le faisceau libéroligneux est concentrique, sans faisceau interne ; à la base des folioles, le faisceau est ouvert.

Feuille. — Les cellules des faces supérieure et inférieure sont pourvues de parois rectilignes; les parois externes des cellules de la face inférieure proéminent fortement vers l'intérieur et masquent les stomates. On observe des poils courts et rigides sur la face inférieure. Il n'y a qu'une seule rangée de cellules en palissade, ces cellules palissadiques sont allongées, les cellules du tissu lacuneux sont irrégulières et certaines d'entre elles sont arrondies et présentent des parois assez épaisses (fig. 55).

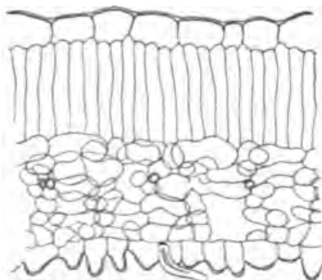


Fig. 55. — *Alvaradoa amorphoïdes.* Feuille; coupe (gr. = 250 env.).

Remarque. — Les *Alvaradoa* ont été placés par presque tous les botanistes dans les Sapindacées, mais avec doute, et quelques-uns avaient remarqué les affinités que ce genre présente avec les *Picramnia*. Radlkofer (1) en étudiant les Sapindacées a montré que les *Alvaradoa* devaient être considérés comme des Simarubacées. Engler a adopté cette manière de voir. L'étude anatomique de cette plante n'infirme en rien cette opinion. Le tissu palissadique qui ne comprend qu'une rangée de cellules et la présence d'un faisceau libéro-ligneux concentrique, sans faisceau inclus dans le pétiole, faisceau qui est ouvert à la base des folioles, rapprochent en effet ces plantes des *Picramnia*.

Picrodendron Planch.

Caractères morphologiques. — Arbre légèrement amer, à feuilles longuement pétiolées, trifoliolées, parcheminées. Les folioles sont oblongues, atténuées à la base, obtuses au sommet, faiblement dentées, verdâtres en dessus, gris jaunâtre en dessous.

Les fleurs sont encore incomplètement connues. Elles

(1) *Ueber die Gliederung der Familie der Sapindaceen* (*Sitzungsb. der math-physik. Classe der K. b. Akad. der Wissenschaften zu München*, p. 138-147).

sont unisexuées, très vraisemblablement dioïques. Les sépales, au nombre de cinq, sont unis vers le bas, les carpelles sont au nombre de deux, unis ; chacun d'eux contient deux ovules collatéraux, pendants, épitropes. Les styles sont linéaires avec un stigmate simple. Le fruit est uniloculaire, il ne contient qu'une graine par avortement. Il est presque globuleux, drupacé, avec un exocarpe mince et un endocarpe dur et indéhiscent. La graine est irrégulièrement ovale, pourvue d'un sillon longitudinal dans sa partie antérieure à tégument mince. L'embryon est à radicule courte, les cotylédons sont reployés sur eux-mêmes.

HABITAT. — Indes occidentales.

NOMBRE DES ESPÈCES. — Une.

ESPÈCE ÉTUDIÉE. — *P. juglans* Gris. (Herb. Muséum).

CARACTÈRES ANATOMIQUES. — *Tige*. — L'épiderme est formé de cellules petites et dont quelques-unes se prolongent vers l'extérieur en poils. L'écorce présente dans sa partie externe de grandes cellules à parois peu résistantes, minces, puis ces cellules passent rapidement à une zone formée de cellules collenchymateuses, au milieu desquelles on trouve de grandes cellules mucilagineuses (fig. 56) qui paraissent semblables à celles qu'on observe dans les genres *Klainedoxa* et *Irvingia*.

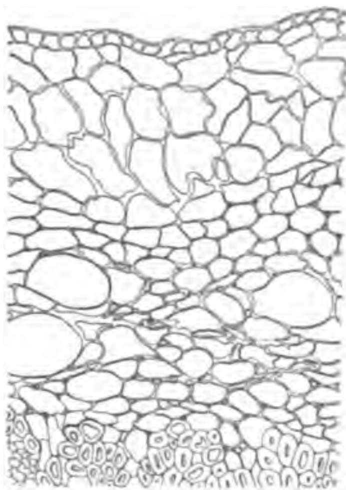


Fig. 56. — *Picrodendron juglans*. Écorce et péricycle de la tige ; coupe transversale (gr. = 250 env.).

L'écorce, dans sa partie interne, est formée par de grandes cellules allongées dans le sens tangentiel : dans cette zone interne, on observe aussi de grandes cellules à mucilage. Les deux zones de l'écorce sont séparées par une zone de cellules écrasées. Les fibres péricycliques forment des amas

rapprochés les uns des autres. Toute la partie corticale ne contient pas de macles. Le liber est aussi privé de macles d'oxalate de calcium. Le bois est hétérogène, il y a de nombreuses fibres ligneuses au milieu de rares cellules parenchymateuses. La moelle contient des cellules à parois lignifiées, mais vers le centre on trouve une lacune contenant des matières mucilagineuses.

Pétiole. — L'écorce contient quelques macles, elle est fortement collenchymateuse. La partie corticale contient aussi un grand nombre de larges cellules à mucilage. Le faisceau libéro-ligneux est concentrique, et au centre on observe une large lacune mucilagineuse.

Feuille. — La feuille présente, de face, des cellules épidermiques dont les parois sont droites, ces cellules sont petites. Les stomates sont entourés par quatre cellules de bordure affectant à peu près l'allure des stomates des Irvingiées et n'existent qu'à la face inférieure. Chaque faisceau qui parcourt la feuille est protégé par du tissu protecteur fibreux, qui vient s'appuyer sur l'épiderme inférieur et sur l'épiderme supérieur de la feuille, interrompant le tissu assimilateur et le divisant ainsi en parties distinctes et séparées les unes des autres.

Il n'y a qu'une rangée de cellules palissadiques, ces cellules sont allongées, étroites et le tissu lacuneux est constitué par des cellules irrégulières, il n'y a pas d'hypoderme.

Les cellules de la face inférieure ne portent pas de proéminences papilliformes.

Remarque. — Le genre *Picrodendron* a été créé par Planchon, pour une plante qui, jusque-là, était considérée comme une espèce du genre *Rhus*. L'unique espèce de ce genre est aujourd'hui considérée comme une Simarubacée douteuse. Il nous paraît que plusieurs caractères anatomiques la rapprochent des Irvingiées. La présence des grandes cellules mucilagineuses dans la tige, le tissu protecteur qui entoure les nervures des feuilles, le bois hétérogène, sont des caractères qui nous semblent plaider en faveur de cette opinion.

CONCLUSIONS

Les recherches faites sur les Simarubacées, poursuivies sur 109 espèces réparties en 28 genres (1), nous permettent de formuler les conclusions suivantes :

1° La morphologie interne ne permet pas plus que la morphologie externe de trouver un caractère constant susceptible de caractériser les plantes de cette famille ;

2° Il est cependant possible, en se basant sur un ensemble de caractères, de diviser les Simarubacées en deux sous-familles : les Simarubées et les Irvingiées ;

3° Le genre *Picrodendron*, dont la place est considérée comme douteuse parmi les Simarubacées, semble devoir prendre place dans la sous-famille des Irvingiées ;

4° Le genre *Picrocardia* ne peut se différencier des *Soulamea* ;

5° Le genre *Suriana*, par ses caractères anatomiques, justifie l'opinion des auteurs qui excluent cette plante des Simarubacées. Les *Suriana* forment la famille des Surianacées, présentant des affinités avec les Simarubacées et avec les Géraniacées.

6° Le genre *Holacantha*, doit être exclu des Simarubacées. Il constitue à lui seul, la famille des Holacanthacées.

(1) La famille compte 138 espèces réparties en 28 genres.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE ALPHABÉTIQUE
DES GENRES ÉTUDIÉS

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA FÉCONDATION

CHEZ

LE GINKGO BILOBA

Par M. S. IKENO.

A ma connaissance, c'est à M. le professeur E. Strasburger qu'est dû l'honneur d'avoir attiré le premier l'attention sur les phénomènes intimes accompagnant la fécondation du *Ginkgo biloba*. Il a suivi chez ce dernier, le développement du sac embryonnaire et de l'embryon, ainsi que la formation de l'endosperme (**13**) (1); plus tard, à la suite de son étude sur la fécondation dans le *Juniperus virginiana*, il a conclu par analogie à l'existence d'une cellule de canal chez le *Ginkgo* et, en outre, a ajouté quelques renseignements à la connaissance du développement de l'embryon (**14**); il n'a fait pourtant aucune observation sur le phénomène de la fécondation lui-même. Du reste, son dernier travail sur le *Ginkgo* (**17**) concerne presque exclusivement la conduite du pollen.

En 1895, M. Hirasé a publié la première partie de ses recherches bien connues sur le *Ginkgo biloba*, qui contiennent des renseignements précieux sur le développement de l'oosphère et de l'embryon et sur la formation de la cellule de canal (**7**); mais, en ce qui concerne les phénomènes de la fécondation, ses observations me paraissent se réduire à peu de chose, car voici ce qu'il en dit (7, p. 5

(1) Les numéros placés entre les parenthèses se rapportent à l'index bibliographique, à la fin de ce mémoire.

de l'extrait) : « J'ai obtenu quelques préparations où se rencontre dans le cytoplasme, à l'extrémité supérieure de l'oosphère, une masse confuse de substance indistincte. Il est très vraisemblable que cela représente le stade de la pénétration du noyau spermatique dans l'oosphère..., mais malheureusement la fixation de mes matériaux dans ce cas était tellement insuffisante, que je n'avais pas pu trouver le noyau spermatique dans la masse confuse indiquée ci-dessus ». D'ailleurs, il est bien connu que la deuxième partie de ses recherches (8) est consacrée à l'étude du développement du tube pollinique et des anthérozoïdes et ne renferme aucun renseignement sur la fécondation.

Dans l'état de nos connaissances actuelles sur les phénomènes de la fécondation du *Ginkgo biloba* énoncés ci-dessus, j'ai pensé qu'il serait très désirable d'en poursuivre une étude détaillée, puisque notre plante est une des trois spermaphytes zoïdiogames connues jusqu'à ce jour et d'autant plus qu'elle est devenue, depuis la découverte remarquable des éléments mâles ciliés, le représentant unique d'une famille nouvelle, les Ginkgoacées. Comme, vers l'automne de 1897 et 1898, j'ai récolté une quantité assez grande des ovules de cette plante, j'en ai fait une étude quelque peu détaillée, et, bien que mes recherches ne soient pas encore sans quelques lacunes, je me permets d'en exposer ici les résultats.

Dans mes présentes recherches, je ne me suis servi d'aucune méthode spécialement nouvelle. Pour la fixation, j'ai employé de préférence le liquide de Flemming. D'abord la méthode de coloration double au bleu de méthylène et fuchsine acide était en usage, mais elle a été remplacée plus tard par celle de coloration triple au violet de gentiane, safranine et orange, qui m'a donné des résultats bien meilleurs. Les matériaux ont été coupés à 5—10 μ d'épaisseur par le microtome et le noircissement produit par de l'acide osmique a été enlevé par l'intermédiaire de l'eau oxygénée.

Mes études datent de la période de la formation de la cellule de canal. M. Hirasé a étudié ce phénomène et en a donné une figure précise du stade du dispirème (7, pl. XXXI, fig. 7 *a* et *b*). Au moment de la formation de la cellule de canal, son noyau est tout à fait semblable à celui de l'oosphère : tous les deux sont ronds et renferment des chromosomes, qui sont constitués au stade représenté dans la figure 1 (Pl. II), par des granulations chromatiques disposées en files. Dans cette figure, les deux noyaux sont presque égaux en taille. Tandis que la cellule de canal avec son noyau ne tarde pas à se désorganiser, le noyau de l'oosphère commence à descendre vers le centre et à grossir graduellement et alors on observe souvent autour de lui une striation radiaire assez nette. A ce moment commence le phénomène de la « maturation » du noyau de l'oosphère (1) : il se remplit d'une substance finement granuleuse, que M. Blackman (21 p. 403) a désignée, d'après M. Strasburger (16, p. 51), sous le nom de métaplasme. En examinant à un grossissement suffisant les préparations colorées au bleu de méthylène et fuchsine acide, on peut, sans grand'peine, distinguer dans le substratum métaplasmique coloré en rouge, qui forme maintenant la masse fondamentale du contenu nucléaire : 1° une petite quantité de la substance du noyau proprement dite, la chromatine, qui forme une masse granuleuse irrégulière et se colore en rouge; 2° quelques nucléoles, qui se colorent en bleu intense (pl. II, fig. 2 *a* et *b*). Le noyau de l'oosphère, qui a cessé de cheminer, demeure d'ordinaire plus près du col que du centre de l'oosphère et acquiert alors une grande taille (Pl. II, fig. 3 *a* et *b*); il est sphérique ou bien un peu plus long que large. Il subit en même temps une modification assez forte dans sa structure : le métaplasme et la chromatine ne peuvent plus être distingués l'un de l'autre et la cavité nucléaire renferme

(1) Le mot « maturation » a été mis en usage pour la première fois par M. Blackmann (2), qui l'a employé en décrivant le noyau e l'oosphère du *Pinus sylvestris*.

alors, outre quelques nucléoles assez gros, une charpente nucléaire, constituée par un nombre des granulations disposées en files plus ou moins nettes, qui, sans doute, prennent naissance aux dépens du métaplasme et de la chromatine intimement mélangés. Le noyau de l'oosphère a ainsi atteint sa maturité et est alors prêt à s'accoupler avec le noyau spermatique.

Le développement du noyau de l'oosphère décrit ci-dessus concorde parfaitement avec ce qu'on observe chez le *Cycas revoluta* (**9**) et le *Pinus sylvestris* (**2**). D'après les recherches de M. Chamberlain, il semble que le développement du noyau de l'oosphère du *Pinus Laricio* est d'ailleurs en accord avec ce qui se passe dans le *Ginkyo* (**3**) : le noyau de l'oosphère parfaitement mûr du *Pinus Laricio* renferme, outre de la linine, une multitude de grosses granulations, dont l'identité avec celles du noyau de l'oosphère du *Ginkgo* est très vraisemblable (3, voyez la figure 14, Pl. V de M. Chamberlain). D'après M. Chamberlain, ces granulations ne sont que des nucléoles composés de chromatine, comparable aux nucléoles du *Spirogyra*, *Corallina*, etc.

J'ai obtenu une préparation dessinée dans la figure 3 (Pl. II), où se rencontrent deux noyaux dans une oosphère, dont l'inférieur est évidemment le noyau femelle. Quant au noyau supérieur, on pourrait être porté à le considérer comme le noyau mâle en voie d'acheminement vers celui de l'oosphère ; mais si on le compare au noyau mâle en copulation avec celui de l'oosphère (comparez fig. 6 de la Pl. III), il est trop volumineux pour pouvoir être considéré comme tel, car tandis que, dans ce dernier cas, il est de dimension moindre qu'un dixième du noyau femelle, dans le cas en question, il devient presque égal à sa moitié. Or, touchant la nature de ce noyau, il est plus vraisemblable de penser qu'il n'est autre que celui de la cellule de canal, qui a subi un grossissement notable anormal. Il a été signalé ci-dessus que le noyau de la cellule de canal se désorganise bientôt après sa formation, mais on pourra admettre avec une

grande vraisemblance que parfois ce noyau grossisse jusqu'à une certaine taille notable; cela ne serait pas étonnant, car, en effet, la cellule de canal est aujourd'hui reconnue comme l'analogue d'une oosphère qui, en cas normal, est destinée à avorter. M. Chamberlain a pu observer le même phénomène dans le *Pinus Laricio* avec une netteté beaucoup plus remarquable que dans le cas du *Ginkgo* indiqué ci-dessus (3), p. 272; (voyez Pl. IV, fig. 7 et 9 de M. Chamberlain).

Examinons maintenant le phénomène de la fécondation. Aussi bien chez le *Ginkgo biloba* (8), que chez le *Cycas revoluta* (9), il a été constaté qu'à l'approche de la fécondation, les deux anthérozoïdes, la cellule prothallienne antérieure, et les deux noyaux végétatifs (c'est-à-dire le noyau de la cellule embryonnaire et celui de la « *Stielzelle* »), se rassemblent à l'extrémité du tube pollinique, qui est dirigée vers l'oosphère. D'autre part, on a signalé chez le *Pinus sylvestris* (2), le *Larix dahurica* (19) (1) et le *Cephalotaxus Fortunei* (1), qu'au moment de la fécondation, les deux cellules génératrices aussi bien que les deux noyaux végétatifs, pénètrent toutes au sein de l'oosphère et que le noyau spermatique qui n'intervient pas dans la fécondation, y demeure pendant un certain temps, même après ce phénomène. Il n'en est pourtant pas de même chez le *Ginkgo*. Je n'ai jamais aperçu dans l'oosphère, ni la cellule prothallienne, ni les noyaux végétatifs ; il ne m'est pas non plus arrivé de rencontrer à la fois deux anthérozoïdes ou bien deux noyaux mâles dans une même oosphère. Ces résultats négatifs concordent bien avec ce qui se passe chez le *Cycas revoluta*, où la cellule prothallienne et les deux noyaux végétatifs, se désorganisent peu à peu en dedans du tube

(1) Grâce à l'obligeance de l'auteur, j'ai reçu le mémoire de M. C. Wniczicki sur la fécondation du *Larix dahurica*; comme le texte est écrit entièrement en langue russe, je n'en ai pu employer que les planches, mais j'en ai pu apprendre les points essentiels au moyen de l'analyse de ce mémoire par M. Rothert (*Bot. Zeit.*, 58e année, 2e divis., n° 3, p. 39).

pollinique (9, p. 574) et où d'ailleurs l'un des deux anthérozoïdes seul peut pénétrer au sein de l'oosphère (9, p. 584). D'un autre côté, j'ai constaté, à propos du *Cycas revoluta*, que les deux anthérozoïdes d'un tube pollinique peuvent arriver, il est vrai, jusqu'à l'oosphère, mais l'un d'eux seul peut pénétrer au sein de cette dernière et l'autre finit par se désorganiser peu à peu sur sa face externe, de sorte qu'il n'est pas rare d'y rencontrer des restes de cet anthérozoïde (9, p. 584). Cependant, chez le *Ginkgo*, malgré tous mes efforts, il ne m'a jamais été possible de les trouver, d'où l'on pourrait peut-être être amené à croire que les deux anthérozoïdes d'un tube pollinique ne cheminaient pas vers une et même oosphère, mais qu'ils pénétraient l'un après l'autre au sein des deux oosphères voisines. Il est néanmoins facile à voir que cela n'est pas possible, puisque chez le *Ginkgo* les deux oosphères voisines sont complètement séparées d'ordinaire, par un mamelon nucellaire (1); de telle sorte que l'on est disposé à croire qu'il en est de même que chez les Cycadacées, c'est-à-dire que l'un seul des deux anthérozoïdes pénètre au sein de l'oosphère et va se joindre au noyau femelle, tandis que l'autre se désorganise très rapidement sur sa face externe (**9**, **18**).

La raison d'être des deux noyaux générateurs dans un tube pollinique est demeurée pendant longtemps tout à fait obscure. A propos des Angiospermes, cependant, les belles découvertes récentes de M. Navachine (**11**) et de M. Guignard (**5**) l'ont élucidée d'une manière parfaitement claire. Quant aux Cycadacées, Conifères et Ginkgoacées, un seul noyau participe à la fécondation, tandis que l'autre se désorganise et se résorbe ; aussi, dans ce cas, la raison d'être des deux noyaux mâles ou anthérozoïdes dans un tube pollinique n'en reste-t-elle pas moins encore obscure et c'est dans l'avenir que la question sera mise en pleine lumière.

(1) Voyez, par exemple, la figure 52, planche XIII, de M. Strasburger (**13**), et la figure 36, planche IX, de M. Hirasé (**8**).

Où l'anthérozoïde se débarrasse-t-il de sa couverture cytoplasmique, en dedans ou en dehors de l'oosphère ? C'est une question intéressante, qui, d'après mes observations, peut être résolue en faveur de l'hypothèse première. En effet, j'ai obtenu une préparation, dans laquelle on aperçoit la couverture cytoplasmique, déjà privée du noyau, demeurant à la partie supérieure de l'oosphère (Pl. II, fig. 5). Il y a donc tout lieu de croire que, après sa pénétration dans l'oosphère, le noyau se débarrasse de sa couverture, afin dès lors de cheminer seul vers le noyau femelle, ce qui concorde avec ce que l'on a observé dans les Cycadacées (9, p. 584 ; 18, p. 227).

Le passage du noyau mâle vers celui de l'oosphère doit évidemment avoir lieu très rapidément, car, bien que j'aie examiné un nombre vraiment considérable de coupes d'ovules, il ne m'était jamais arrivé d'apercevoir le noyau mâle pendant son trajet vers le noyau femelle.

Il a été signalé chez le *Cycas* (9, p. 585), qu'au moment de la fécondation, avant que le noyau spermatique ne vienne encore au contact de celui de l'oosphère, ce dernier noyau produit au sommet une dépression en forme de cratère, que j'ai désignée sous le nom de la « *cavité d'imprégnation* ». Chez le *Ginkgo*, autant que je puisse juger par les préparations obtenues jusqu'à ce jour, cette dépression ne semble pas se former : il n'y a donc chez le noyau de l'oosphère aucune place spécialement préférée, où va s'accoler le noyau spermatique : partout où ce dernier viendra au contact du noyau femelle, aura lieu la copulation. Le noyau mâle se trouve par conséquent tantôt au-dessus du noyau femelle (Pl. III, fig. 6), tantôt sur le côté (Pl. III, fig. 7 et 8).

Ce qui est le plus remarquable au moment du contact des deux noyaux, c'est qu'il y a entre eux une différence de taille si notable qu'elle ne se retrouve nulle part ailleurs parmi les Gymnospermes. Par exemple, dans le *Juniperus virginiana* (15, Pl. XVI, fig. 8) et le *Picea vulgaris* (14, Pl. II,

fig. 71), à en juger par les figures, le noyau mâle est de volume presque égal à la moitié de celui du noyau femelle; dans le *Pinus Laricio* (4, Pl. VI, fig. 2), le mâle est seulement un peu plus petit que le femelle; chez le *Pinus sylvestris*(2, p. 407), la proportion de taille de ce dernier à celle de l'autre est comme 2 à 1 ou au plus 3 à 1; chez le *Cycas revoluta* (9, Pl. IX, fig. 38), le mâle est un peu plus volumineux que la moitié du femelle : chez le *Taxus baccata* (10, Pl. XVII, fig. 37), ils sont de même taille; chez le *Cephalotaxus Fortunei* (1, Pl. II, fig. 22), cette proportion est à peu près comme 4 à 1. Chez le *Ginkgo* cependant, le noyau mâle est plus petit même qu'un dixième du noyau femelle (Pl. III, fig. 6), différence de grandeur si notable qu'il n'y aura guère de cas analogues parmi les Gymnospermes étudiées jusqu'à ce jour.

La charpente nucléaire du noyau femelle est constituée, comme jadis, par un nombre de granulations disposées en traînées plus ou moins nettes et pourvues souvent d'un grand nombre de corps ressemblant aux nucléoles, qui sont d'ordinaire petits, mais parfois d'une grandeur considérable (Pl. III, fig. 8, *n*). La charpente nucléaire du noyau mâle est constituée d'ordinaire de même que celle du noyau de l'oosphère, mais rarement il se remplit de substances finement granuleuses et d'un nombre de grosses granulations (Pl. III, fig. 8, *m*).

Le mode de copulation des noyaux sexuels est différent de ce qui se passe chez les Angiospermes. Aussitôt qu'ils arrivent au contact l'un de l'autre (Pl. III, fig. 6), le noyau spermatique commence à refouler la membrane du noyau femelle; au fur et à mesure que, sous l'influence de cette poussée, la partie de cette membrane au contact avec le noyau mâle se déprime de plus en plus, ce dernier ne tarde pas à s'enfoncer de plus en plus profondément dans le noyau femelle (Pl. III, fig. 7, 8, 9) et finit par se plonger à l'intérieur du noyau de l'oosphère et par s'y dissoudre (Pl. III, fig. 10 *a* et *b*, *m*), de sorte que finalement les subs-

tances des deux noyaux sexuels se mélangent intimement.

Par ce que j'ai décrit ci-dessus, on verra que le processus de la copulation des noyaux sexuels chez le *Ginkgo biloba* concorde bien avec celui du *Cycas revoluta*. Quand j'ai publié, il y a déjà trois ans, mes observations sur cette plante, on n'avait jamais signalé de cas analogue de fécondation, d'où j'ai tiré la conclusion que le phénomène de la fécondation chez le *Cycas* représente un type nouveau, inconnu jusque-là (9, p. 587). Depuis cette époque, cependant, on a commencé à poursuivre l'étude de la fécondation de diverses Gymnospermes. Presque en même temps que le mien, M. Blackman a publié un excellent mémoire sur le *Pinus sylvestris* (2); puis il a étudié successivement le phénomène de la fécondation chez le *Taxus baccata* (10), le *Larix dahurica* (19) (1) et le *Cephalotaxus Fortunéi* (1) et y a trouvé toujours que la fécondation se fait bien suivant le mode que j'ai découvert chez le *Cycas revoluta* (2). On peut donc avec une grande probabilité poser comme une loi générale que chez les Gymnospermes (sauf les Gnétacées),

(1) D'après M. Rothert, qui a analysé le mémoire de M. Wniczicki sur la fécondation du *Larix dahurica*, le travail a été fini déjà au commencement de 1897; mais la publication en a été ajournée jusqu'en 1899.

(2) Voici par exemple ce que M. Blackman a décrit, touchant le processus de la copulation des noyaux sexuels chez le *Pinus sylvestris* (2, p. 407) : « The actual process of conjugation is quite peculiar, the male nucleus actually pushing in the wall of the female, and coming to lie within the line of the original boundary of the latter, while the walls of both are still intact... The male nucleus continues to penetrate the body of the female till it is almost completely enclosed by the latter... » Ce qui est en parfait accord avec ce qui se passe chez le *Cycas*. — La figure 39, planche XVII, dans le mémoire de M. Jaeger, représente le noyau spermatique enfermé dans celui de l'oosphère. La figure 6 (planche I), de M. Wniczicki, et la figure 24 *c* (planche II), de M. Arnoldi, semblent correspondre respectivement à ma figure 10, de la planche III. — Sans avoir eu connaissance du travail de M. Blackman (2), lu à la séance du 26 mai 1898 à la Société royale de Londres et publié plus tard, vers novembre de la même année, j'ai récolté moi-même, vers juin 1898, un grand nombre des ovules du *Pinus densiflora*, qui est originaire de ce pays et se rencontre ici très communément et j'en ai étudié la fécondation. Qu'il suffise de dire simplement que tout ce que M. Blackman a décrit sur la fécondation du *Pinus sylvestris* s'applique à mon cas, puisque le phénomène de la fécondation concorde complètement dans les deux cas.

la fécondation se fait conformément au mode décrit chez le *Cycas revoluta*. Il est d'ailleurs hors de doute que, si l'on étudie la fécondation du *Juniperus* et du *Picea* en se servant des méthodes d'investigation modernes, il n'en sera pas moins tout à fait de même.

Le noyau mixte, qui dérive de la fusion des deux noyaux sexuels, devient plus volumineux que chacun d'eux et se met à produire une multitude des fils kinoplasmiques, qui sont manifestement l'ébauche des fibres du fuseau lors de la première division après la fécondation (Pl. III, fig. 11). Les figures 12 *a* et *b* représentent un des stades de cette karyokinèse; le contour ancien du noyau est encore presque conservé et on y voit un grand nombre de fines fibrilles très entremêlées, au sein desquelles un fuseau karyokinétique multipolaire prend naissance. Comme il a été déjà montré par M. Hirasé (7, Pl. XXXII, fig. 9), le fuseau n'est jamais situé parallèlement à l'axe longitudinal de l'oosphère; dans le cas particulier dessiné dans la figure 12, il est disposé horizontalement.

Plusieurs botanistes européens étaient d'avis que, chez le *Ginkgo biloba*, la fécondation ne peut avoir lieu que quand les ovules sont déjà tombés des arbres. M. Hirasé a démontré le contraire et a mis hors de doute que la fécondation peut avoir lieu chez les ovules encore attachés aux arbres (6). Dans un excellent mémoire récemment paru, M. Seward et Mlle Gowan ont adopté les résultats d'investigation de M. Hirasé et ont écrit dans une diagnose provisoire du *Ginkgo* : « fertilization, which may occur either before or after the ovule has fallen from the tree.... » (12, p. 115). Certes, la fécondation des ovules déjà tombés des arbres ne sera pas impossible; seulement, autant que je connaisse, ce fait n'a jamais encore été établi formellement.

Tout ce qui a été énoncé jusqu'ici peut-être résumé dans les termes suivants :

1° Après la formation de la cellule de canal, le noyau de l'oosphère se remplit de métaplasme ; puis il chemine vers le centre de l'oosphère. En même temps, il grossit progressivement et subit une modification de structure. Lorsqu'il vient au repos, la charpente nucléaire se montre constituée de granulations disposées en traînées plus ou moins nettes.

2° Il est vraisemblable que l'un seul des deux anthérozoïdes d'un tube pollinique peut pénétrer au sein de l'oosphère et que l'autre se désorganise sans avoir pu y entrer.

3° L'anthérozoïde se débarrasse de sa couverture cytoplasmique au sein de l'oosphère.

4° La copulation des deux noyaux sexuels a lieu suivant le mode du *Cycas revoluta* ; c'est-à-dire le noyau mâle pénètre graduellement dans celui de l'oosphère, de sorte que finalement celui-là vient à se plonger à l'intérieur de ce dernier et à s'y dissoudre.

5° Dans toutes les Gymnospermes (sauf les Gnétacées), étudiées jusqu'à ce jour, la copulation s'effectue conformément au mode indiqué ci-dessus ; il est très vraisemblable que cela constitue le processus général de la fécondation des Gymnospermes (sauf les Gnétacées).

6° Bien que la fécondation des ovules tombés des arbres ne soit pas impossible, le fait n'a encore jamais été établi définitivement.

Remarque sur la formation de la cellule de canal chez le Cycas revoluta. — A cette occasion, il faut exposer ici ma manière de voir touchant la formation de la cellule de canal chez le *Cycas revoluta*. M. Arnoldi, en étudiant ce phénomène dans le *Cephatolaxus Fortunei*, a observé cette particularité que, après la formation du noyau de la cellule de canal et de celui de l'oosphère, aucune cloison ne se forme entre ces deux noyaux et que celui-là, avec une partie du cytoplasme ambiant, se gélifie et se désorganise (1, p. 54), ce qui concorde bien avec ce qui s'observe chez le *Cycas*

revoluta (9, p. 568), comme le botaniste russe l'a signalé avec raison. Cette observation l'a amené pourtant à émettre l'idée que ce processus ne représente guère la formation de la cellule de canal, puisqu'aucune cloison ne se présente entre les deux noyaux. Or, à mon avis, on n'a aucune raison de conclure, par cette absence de cloison entre les deux noyaux, que la formation de la cellule de canal n'a pas lieu. Pourquoi le noyau supérieur avec du cytoplasme ambiant, qui se désorganise bientôt après, ne représenterait-t-il pas une cellule de canal? Je suis disposé, plutôt, à croire que, aussi bien chez le *Cycas revoluta* que chez le *Cephalotaxus Fortunei*, il y a formation de la cellule de canal, du moins suivant un mode particulier, concordant bien sur tous les points essentiels avec ce qui se passe chez les autres Conifères et le *Ginkgo;* il en diffère simplement en ce qu'il ne se forme aucune cloison entre les deux noyaux.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

(1) W. Arnoldi, *Beiträge zur Morphologie der Gymnospermen. III. Embryogenie von* Cephalotaxus Fortunei. Flora, 87, 1900.

(2) V.-H. Blackman, *On the cytological features of fertilization and related phenomena in* Pinus sylvestris L. Philos. Trans. Ser. B, 190, 1898.

(3) C.-J. Chamberlain, *Oogenesis in* Pinus Laricio. Bot. Gaz., 27, 1899.

(4) J.-M. Coulter, *Notes on the Fertilization and Embryogeny of Conifers.* Bot. Gaz., 23, 1897.

(5) L. Guignard, *Sur les anthérozoïdes et la double copulation sexuelle chez les végétaux angiospermes*, C. R. Acad. des Sc., 128, 1899,

(6) S. Hirasé, *A propos de la période de la fécondation du* Ginkgo biloba (en japonais). Bot. Magaz., Tokio, 8, 1894.

(7) Ibid., *Étude sur la fécondation et l'embryogénie du* Ginkgo biloba. Journ. of the College of sciences, Imp. Univ., Tokio (Japon), 8, 1895.

(8) Ibid., *Second mémoire. Ibid.*, 12, 1878.

(9) S. Ikeno, *Untersuchungen über die Entwickelung der Geschlechtsorgane und den Vorgang der Befruchtung bei* Cycas revoluta. Jahrb. f. Wiss. Bot., 32, 1898.

(10) L. Jaeger, *Beiträge zur Kenntniss der Endospermbildung und zur Embryologie von* Taxus baccata L. Flora, 86, 1899.

(11) S. Navachine, *Resultate einer Revision der Befruchtungsvorgänge bei* Lilium Martagon *und* Fritillaria tenella. Bull. de l'Acad. imp. des sciences de Saint-Pétersbourg, 9, 1898.

(12) A.-C. Seward and Miss Gowan, *The Maidenhair-Tree* (*Ginkgo biloba*). Ann. of Bot., 14, 1900.

(13) E. Strasburger, *Die Coniferen und die Gnetaceen*, 1872.

(14) Ibid., *Ueber Befruchtung und Zelltheilung*, 1878.

(15) Ibid., *Die Angiospermen und die Gymnospermen*, 1879.

(16) Ibid., *Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen*, 1884.

(17) Ibid., *Ueber das Verhalten des Pollens und die Befruchtungsvorgänge bei den Gymnospermen.* Hist. Beitr., 4, 1892.

(18) H.-J. Webber, *Notes on the Fecundation of* Zamia *and the Pollen Tube Apparatus of* Ginkgo biloba. Bot. Gaz., 24, 1897.

(19) C. Wniczicki, *A propos de la fécondation chez les Conifères* (en russe). Analysé dans la Bot. Zeitung, 58, 1900, 2e divis., par M. Rothert.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE II.

Fig. 1 à 5.

Fig. 1. — Partie supérieure d'une oosphère au moment de la formation de la cellule de canal; les deux noyaux sont presque égaux en dimension (gr. = 600).

Fig. 2. — *a*. Une oosphère bientôt après la formation de la cellule de canal. Le noyau se remplit du métaplasme et renferme quelques nucléoles (gr. = 90).

b. Le noyau avec du cytoplasme ambiant d'une même oosphère à un grossissement plus fort. On y voit dans le substratum métaplasmique de la chromatine granuleuse (gr. = 600).

Fig. 3. — Une oosphère avec ses deux noyaux. Le noyau supérieur est celui de l'oosphère; l'autre est vraisemblablement celui de la cellule de canal, qui a subi un grossissement anormal (gr. = 140).

Fig. 4. — *a*. Une oosphère dont le noyau a déjà achevé le processus de la maturation; la charpente nucléaire est constituée par des granulations disposées en files plus ou moins nettes (gr. = 90).

b. Le noyau indiqué ci-dessous avec du cytoplasme ambiant, à un grossissement plus fort (gr. = 210).

Fig. 5. — Partie supérieure d'une oosphère où demeure la couverture cytoplasmique d'un anthérozoïde privé du noyau (gr. = 270).

PLANCHE III.

Fig. 6 à 12.

Fig. 6. — Copulation des deux noyaux sexuels. Le mâle se trouve au-dessus du noyau femelle (gr. = 140).

Fig. 7. — Le même. Le mâle sur le côté du noyau femelle (gr. = 140).

Fig. 8. — Un cas de la copulation des deux noyaux sexuels. Dans le noyau femelle on voit un corps *n*, ressemblant au nucléole et quelques autres corps similaires beaucoup plus petits; *m*, noyau mâle (gr. = 210).

Fig. 9. — Copulation des noyaux sexuels à un stade plus avancé que dans la fig. 6; le noyau mâle a pénétré à l'intérieur du noyau femelle (gr. = 210).

Fig. 10. — *a*. et *b*. Deux coupes microtomiques consécutives d'un noyau de l'oosphère, au sein duquel le noyau spermatique (*m*) commence à se dissoudre. — *c*, représente la membrane de ce dernier en dissolution (gr. = 210).

Fig. 11. — Noyau mixte, à l'intérieur duquel on voit une multitude de fils kinoplasmiques (gr. = 210).

Fig. 12. — *a*. Une oosphère après la fécondation avec le fuseau kayokinétique de la première division situé horizontalement (gr. = 140).

b. Représente le noyau et ses environs à un plus fort grossissement (gr. = 600).

SUR L'ÉVOLUTION

DE

LA CHLOROPHYLLE ET DE L'AMIDON

DANS LA TIGE

DE QUELQUES VÉGÉTAUX LIGNEUX

Par J. d'ARBAUMONT.

AVANT-PROPOS

Reprendre l'étude des phénomènes amylo-chlorophylliens en les considérant exclusivement, — ce qui, à ma connaissance, n'a pas été fait jusqu'ici, — dans la tige des végétaux ligneux, suivant l'ordre chronologique où ils viennent à s'y produire, depuis l'apparition de l'amidon et de la chlorophylle dans les entre-nœuds supérieurs en croissance, jusqu'au temps de la régénération printanière de ces deux substances, c'est-à-dire jusqu'à l'expiration du premier cycle annuel de leur évolution, tel a été, dans mon esprit, tout le dessein du présent mémoire.

A cet effet, j'ai dû m'appliquer tout d'abord à relever, parmi les nombreuses observations d'ensemble ou de détail dont ces mêmes phénomènes ont été l'objet dans ces dernières années, tout ce qui pouvait rentrer dans le cadre ainsi tracé, et à y coordonner ensuite le produit de mes propres recherches.

Bien que commencées dès avant 1880, et plusieurs fois

depuis interrompues et reprises, ce qui aura fait perdre à quelques-unes d'entre elles le mérite de la priorité, ces recherches n'auront point été sans profit, si elles m'ont amené, d'une part, à contrôler utilement certaines observations antérieures ou parallèles, de l'autre, à ajouter quelques traits nouveaux à l'ensemble des connaissances acquises dans cet ordre de faits.

L'ordre chronologique que j'ai adopté implique la division du présent mémoire en quatre parties principales, dans lesquelles nous étudierons successivement :

1° La marche de l'amylo-chlorophyllo-genèse dans le cône végétatif et les premiers entre-nœuds de la tige en croissance ;

2° Les allures propres et les relations réciproques de la chlorophylle et de l'amidon au cours de l'été et en automne, c'est-à-dire dans le temps où la tige cesse de croître en longueur et se fixe pour quelque temps dans un maximum annuel de croissance diamétrale ;

3° L'état des mêmes substances et de leur milieu ambiant pendant la période hivernale ;

4° Enfin, les phénomènes de régénération dont elles sont le siège au retour du printemps.

Suit la liste des espèces et des quelques variétés horticoles ou autres sur lesquelles nos observations ont porté plus particulièrement, et qui se répartissent, comme on le verra, entre trente-deux familles naturelles.

Berberis vulgaris L........	Épine-Vinette.
Mahonia Aquifolium Nutt...	Mahonia à feuilles de Houx.
Tilia sylvestris Desf. et *platyphyllos* Scop..........	Tilleul.
Citrus Limonium Risso	Citronnier, Limonnier.
Acer Pseudo-Platanus L....	Érable, Faux-Platane, Sycomore.
Æsculus Hippocastanum L...	Marronnier d'Inde.
Vitis vinifera L...........	Vigne.
Ampelopsis hederacea DC...	Vigne-Vierge.
Staphylea pinnata L.......	Staphylier, Nez-coupé.
Evonymus europæus L.....	Fusain commun, Fusain d'Europe.
Evonymus japonicus Thunb.	Fusain du Japon.
Ilex Aquifolium L.........	Houx commun.

Viscum album L..........	Gui.
Rhamnus Alaternus L.....	Alaterne.
Rhus glabra L............	Sumac glabre, Vinaigrier.
Rhus Cotinus L...........	Fustet, Arbre à Perruque.
Rhus Toxicodendron L.....	Sumac vénéneux.
Spartium junceum L.......	Genêt d'Espagne.
Cytisus Laburnum L.......	Aubour, Faux-Ébénier.
Robinia Pseudo-Acacia L...	Robinier, Acacia.
Colutea arborescens L......	Baguenaudier.
Cercis Siliquastrum L......	Gaînier commun, Arbre de Judée.
Persica vulgaris Mill.......	Pêcher ordinaire.
Cerasus Lauro-Cerasus Bosc.	Laurier-Cerise.
Rosa T..................	Rosier. — Plusieurs espèces ou variétés horticoles.
Kerria japonica DC.......	Corète du Japon.
Spiræa opulifolia L........	Spirée à feuilles d'Obier.
Malus communis Desf	Pommier commun. — Plusieurs variétés horticoles.
Pirus communis L	Poirier commun. — Plusieurs variétés horticoles.
Philadelphus coronarius L..	Seringa odorant et autres espèces à fleurs plus grandes, inodores.
Ribes nigrum L..........	Cassis.
Ribes rubrum L...........	Groseillier à fruits rouges.
Hedera Helix L............	Lierre grimpant.
Aucuba japonica L........	Aucuba du Japon.
Lonicera Caprifolium L.....	Chèvrefeuille des jardins.
Sambucus nigra L.........	Sureau commun.
Viburnum Opulus L.......	Obier.
Viburnum Tinus L.........	Laurier-Tin.
Myrsine africana L........	Myrsine d'Afrique.
Jasminum officinale L.....	Jasmin commun.
Fraxinus excelsior L.......	Frêne commun.
Syringa vulgaris L.........	Lilas commun.
Nerium Oleander L........	Laurier-Rose.
Elæagnus reflexa DCNE....	Chalef à rameaux réfléchis.
Aristolochia Sipho L'Hér...	Aristoloche-Siphon.
Buxus sempervirens L......	Buis commun.
Ulmus campestris L.......	Orme champêtre, variétés *corylifolia*, *suberosa*, etc.
Morus Kæmpferi Hort......	Mûrier de Kaempfer.
Ficus Carica L............	Figuier commun.
Juglans regia L............	Noyer commun.
Carpinus Betulus L........	Charme commun.
Corylus Avellana L........	Noisetier, Coudrier.
Quercus Ilex L............	Chêne vert, Yeuse.
Quercus pedunculata Willd.	Chêne commun, à long pédoncule.
Quercus pubescens Willd...	Chêne pubescent.
Ruscus aculeatus L.........	Fragon, Petit-Houx.

Et, de plus, quelques espèces herbacées pour l'étude des premières phases de l'évolution.

PREMIÈRE PARTIE

PÉRIODE DE FORMATION

CHAPITRE PREMIER

GRANULES PROTÉIQUES ET AMIDON

La calotte terminale de tout cône végétatif en voie de croissance est ordinairement occupée par plusieurs assises de cellules dont le contenu, plus ou moins granuleux, se colore assez uniformément en jaune par le réactif iodo-ioduré (1).

C'est très ordinairement à un niveau inférieur que commencent à paraître les premiers granules d'amidon, reconnaissables à la coloration d'un brun plus ou moins foncé que leur communique le même réactif.

D'où proviennent ces granules? Comment se forment-ils? C'est ce que nous examinerons plus tard. Pour le moment, nous nous bornerons à constater qu'ils apparaissent d'ordinaire simultanément ou à peu près : 1° dans la moelle, dont ils envahissent successivement, de bas en haut, les cellules terminales ; 2° à la base des jeunes mamelons foliaires, d'où ils progressent, d'une part, dans le parenchyme de la feuille, de l'autre, dans les régions corticales de l'entre-nœud inférieur, avec pénétration jusqu'à la moelle, par l'intermédiaire des rayons médullaires. Ceux-ci isolent très nettement les uns des autres les faisceaux libéro-ligneux en

(1) Iodure de potassium iodé, avec addition de quelques gouttes de teinture d'iode. — Voy. Olivier, *Les procédés opératoires en histologie végétale*, p. 25, et Gérard, *Traité pratique de micrographie*, p. 37.

formation, où l'amidon ne doit apparaître que beaucoup plus tard.

C'est à la périphérie de la moelle et dans l'assise endodermique que les granules d'amidon se montrent ordinairement tout d'abord en plus grande abondance. A partir de l'endoderme, on les voit se répandre peu à peu en direction centrifuge dans l'écorce primaire, d'autant plus petits et moins nombreux, au début, qu'ils se rapprochent davantage de l'épiderme, parfois très fugaces ou même tout à fait nuls dans cette même région, pendant toute la première période de végétation, comme j'en ai observé des exemples chez le Citronnier, le Laurier-Tin, le Marronnier et le Pêcher.

A l'intérieur même du canal médullaire, l'apparition de l'amidon est, au contraire, à peu près simultanée et sensiblement uniforme. On le voit, par exception, s'accumuler en plus grande quantité, chez la Vigne, dans certaines régions parallèles formant diaphragme au travers du canal, à la hauteur des nœuds.

Il a été dit tout à l'heure que l'amidon caulinaire, dans sa marche progressive ascendante, ne pénètre pas d'ordinaire jusqu'aux assises des cellules terminales du cône dont le contenu, comme on l'a vu également plus haut, se colore, en pareil cas, exclusivement en jaune par le réactif.

Il peut se faire, cependant, que l'amidon vienne à se répandre au-dessus de son niveau habituel, soit qu'il remplisse la calotte terminale tout entière, ou qu'on le trouve strictement cantonné, au-dessus de ce même niveau, dans une région axile, courte et étroite, à partir de laquelle il déborde de chaque côté, et vient s'étaler, en forme de champignon, à l'extrémité même du cône, sur les bords duquel les granules à réaction jaune, se trouvent alors exclusivement localisés.

Cette superproduction de l'amidon figuré à l'extrémité du cône correspond vraisemblablement à un temps d'arrêt, temporaire ou définitif, dans la croissance terminale de la tige.

C'est, en effet, à titre d'exception que j'ai vu, au prin-

temps, l'amidon dépasser ainsi son niveau habituel à des dates assez variées, chez le Sycomore (11 mai 1896), le Laurier-Rose (13 juin 1892, 17 juin 1896), le Marronnier (14 mai 1896), le Pommier (29 mai 1892), l'Épine-Vinette (16 juin 1892), l'Obier le Citronnier, le Fusain d'Europe, le Corète du Japon, etc., etc.

Il semble bien qu'en pareil cas les produits immédiats de l'activité cellulaire, restés provisoirement ou définitivement sans emploi, s'accumulent en plus grande quantité dans les très jeunes tissus, sous forme de matériaux de réserve.

Il peut arriver, au contraire, chez certaines tiges en voie très active d'élongation, que ces mêmes produits soient consommés directement pendant un certain temps, sans passer par la phase normale transitoire de l'amidon figuré. Celui-ci, en pareil cas, n'apparaît que très tardivement, en petite quantité, parfois à peine appréciable, mais rarement tout à fait nul, aussi bien dans la moelle que dans l'écorce primaire des jeunes entre-nœuds en croissance. C'est ce que j'ai pu constater, à diverses reprises, sur des pousses exceptionnellement vigoureuses, chez le Frêne (27 mai 1892), le Laurier-Tin (20 mai 1896), le Pommier (30 mai 1890), le Chèvrefeuille (19 juin 1890, 8 mai 1891, 23 juillet 1896), le Lilas (4 juillet 1885, 30 mai 1898) et la Vigne (11-14 juillet 1896).

Mais ce sont là, je le répète, des faits anormaux correspondant à certaines conditions particulières de végétation.

De toutes les espèces que j'ai été à même d'étudier à ce point de vue, il n'en est qu'une seule où la phase de l'amidon figuré, primordial ou transitoire, m'a toujours paru faire complètement défaut, c'est le Charme.

Je dis primordial ou transitoire parce qu'en effet, chez toutes les espèces où l'amidon s'accumule normalement, en plus ou moins grande quantité, dans les entre-nœuds supérieurs de la jeune tige en voie de croissance, on le voit s'éclaircir peu à peu dans les parties plus âgées, soit simul-

tanément dans l'écorce et la moelle, soit successivement dans l'une ou l'autre de ces deux régions. Après quoi, vient un moment où il disparaît de la tige, complètement chez la plupart des espèces à suber interne, telles que l'Épine-Vinette et le Mahonia (1), à l'exception de l'assise endodermique où il persiste d'ordinaire, plus ou moins abondant, chez les espèces à suber externe (épidermique ou sous-épidermique) : Lilas (25 mars 1893, 18 avril 1892), Sureau (22 mai 1892, 11 juillet 1896), Sycomore (29 mai 1894), Pêcher (6 juillet 1892), Staphylier (11 juillet 1896), Poirier 11-28 juillet 1896), etc., etc.

La jeune tige se constitue ainsi, au début, une première réserve amylacée (2) bientôt épuisée, dont le rôle physiologique n'est pas sans analogie avec celui de l'amidon que M. Belzung qualifie de transitoire, dans les phénomènes généraux de la germination (3).

Il ne nous a pas été possible d'établir un rapport de constante proportionnalité, dans le temps ni dans l'espace, entre les deux phases extrêmes de formation et de régression de l'amidon primordial.

Si le niveau d'apparition reste normalement à peu près le même, à une courte distance du point végétatif, on n'en peut dire autant du niveau de régression qui est, au contraire, très variable.

(1) Chez ces deux espèces l'amidon primordial est assez tardif et peu abondant dans l'écorce primaire, y compris l'assise endodermique qui s'y montre, d'ailleurs, très mal différenciée. Il est à remarquer que le rôle physiologique de cette assise se trouve rempli en partie, chez ces mêmes espèces, pendant toute la première phase de végétation, comme il le sera exclusivement par la suite, après la mortification de l'écorce primaire, par les tissus très développés du péricycle mou qui y regorgent d'amidon à toutes les époques de production amylacée.

(2) Dès 1875, M. E. Mer constatait que, dans les jeunes pousses, on ne rencontre pas d'amidon « à la partie supérieure du rameau, sauf près du point végétatif où il y a toujours accumulation de cette substance ». — E. Mer, *La glycogenèse dans le règne végétal*, 3[e] partie (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1875, p. 148).

(3) Belzung, *Recherches morphologiques et physiologiques sur l'amidon et les grains de chlorophylle* (Ann. Sc. nat. Bot., 7[e] série, t. V, p. 184, 186, 193, 234, et t. XIII, p. 13).

Je relève sur ce point, dans mes notes, quelques indications spécifiques dont il y a peut-être lieu de tenir compte.

C'est ainsi qu'à la date du 23 juillet 1896, l'amidon avait complètement disparu de la tige du Chèvrefeuille et du Rosier, dès le premier entre-nœud visible, à l'exception de l'assise endodermique où il ne devait pas, du reste, tarder beaucoup à se résorber aussi, chez cette dernière espèce.

La résorption n'est guère moins prompte, en général, chez le Pêcher, le Poirier et le Figuier, tandis qu'elle ne se produit ordinairement qu'à la hauteur du deuxième entre-nœud chez le Fustet, du quatrième chez l'Arbre de Judée, du cinquième chez le Lilas et l'Acacia, et toujours assez brusquement chez ces diverses espèces.

Ailleurs, le travail de résorption nous a paru se répartir, au contraire, sur un plus grand espace : du premier au troisième entre-nœud visible chez le Houx, du premier au quatrième chez le Staphylier; ou bien ne commencer à se produire qu'à un niveau sensiblement inférieur : du troisième au quatrième entre-nœud chez le Frêne et le Laurier-Rose, du quatrième au cinquième chez le Sycomore et le Faux-Ébénier, du troisième au sixième chez le Fusain d'Europe.

Le 22 mai 1892, je constatais, dans une branche de Sureau, de forte croissance, que l'amidon primordial avait complètement disparu dès le troisième entre-nœud, tandis qu'en juillet 1891, l'activité végétative se trouvant alors sensiblement ralentie, il persistait encore au cinquième et même au sixième entre-nœud.

En juin 1895, je le voyais passer, chez le Sycomore, par deux phases successives de résorption entre le premier et le cinquième entre-nœud.

De l'ensemble de ces observations paraît résulter pour nous l'impossibilité, en pareille matière, d'arrêter les termes d'une formule générale, le phénomène de régression se trouvant subordonné, non seulement, comme on vient de le voir, à certaines prédispositions spécifiques, mais aussi, pour la tige d'une même espèce, aux conditions extrinsèques

de végétation, très variables, auxquelles elle peut être soumise.

Ce qu'il importe de retenir d'une façon générale, c'est qu'elle doit se produire le plus souvent, comme M. E. Mer le faisait observer dès 1873, au niveau des entre-nœuds de plus forte croissance, la plus grande partie du sucre qui y arrive étant consommée sur place; d'où résulte, suivant lui, que les grains d'amidon y deviennent très rares et très petits (1).

Après ce coup d'œil jeté sur la marche générale, progressive et régressive de l'amidon, dans le cône terminal et les entre-nœuds supérieurs de la tige des végétaux ligneux, nous avons à faire connaître le résultat de nos observations personnelles sur le mode d'évolution, dans les mêmes régions, des grains d'amidon considérés individuellement, soit en eux-mêmes, soit dans leurs rapports avec la production des corps chlorophylliens. Mais il convient de donner auparavant un résumé sommaire des principaux systèmes qui ont été proposés, dans ces derniers temps, pour l'interprétation des phénomènes généraux de l'amylo-chlorophyllogenèse (2).

Les corpuscules de nature albuminoïde, dont M. Schimper constate la présence habituelle dans tous les points de végétation de la plante, proviendraient, suivant lui, par division indéfinie, de corpuscules identiques préexistant dans la plante mère.

M. Schimper donne à ces corpuscules le nom de *plastides*; ce sont les *leucites* de M. Van Tieghem.

Quant à l'évolution ultérieure de ces organites, elle peut, toujours d'après M. Schimper, s'opérer de trois façons différentes, selon qu'ils restent incolores (*leucoplastides*), qu'ils

(1) *La glycogenèse*, 2e partie (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1873, p. 201).

(2) Pour l'exposition de ces divers systèmes, voyez E. Belzung, *Sur le développement de l'amidon* (Journ. de Bot., 1891, p. 5 et suiv.). — Pour les temps antérieurs on peut consulter : Duchartre, *Élém. de Bot.*, 3e édit., p. 133 et suiv., et l'*Historique* du mémoire de M. Belzung, au t. V, 7e série des *Annales*, p. 180 et suiv.

se transforment en corpuscules diversement colorés (*chromoplastides*), ou en grains de chlorophylle (*chloroplastides*). Enfin, relativement aux grains d'amidon, M. Schimper estime qu'ils naissent toujours et ne peuvent naître que d'un plastide préexistant, leucoplastide ou chloroplastide, ce qui donne à ces deux sortes d'organites la valeur égale de corps formateurs d'amidon ou *amyloplastes* (1).

M. Eberdt n'admet pas le système de M. Schimper sur la production des plastides ou leucites par division indéfinie d'organites identiques préexistants. D'après lui, l'amidon résulterait d'une modification sur place de certaines granulations protoplasmiques plus ou moins tôt différenciées, et se transformant intégralement en autant de granules amylacés.

Le corpuscule ainsi différencié une fois disparu et remplacé par un grain d'amidon, M. Eberdt a recours, pour expliquer la formation du chloroplastide, à l'intervention du protoplasme ambiant, dont partie se condenserait, en se chargeant de pigment vert, autour du petit noyau amylacé ensuite lentement résorbé par lui (2).

Dans un premier mémoire, inséré, en 1887, au tome V, 7e série des *Annales*, page 179 et suivantes, M. Belzung combat énergiquement, comme devait le faire plus tard M. Eberdt lui-même, mais en se plaçant à un tout autre point de vue, le système de M. Schimper sur l'éternité, ou, en d'autres termes, sur la divisibilité indéfinie des plastides ou leucites, et sur la nécessité absolue de leur intervention dans la formation des grains d'amidon et de chlorophylle.

M. Belzung va chercher le secret de cette formation dans les tissus de la jeune plante aux premiers stades de son évolution. D'après lui, les grains d'amidon apparus plus ou moins tôt dans l'embryon ou dans les plantules en germi-

(1) *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1883, R. B., p. 168. — Voy. aussi : Belzung, *op. cit.* (Annales, 7e série, t. V, p. 187) et Duchartre, *Élém. de Bot.*, 3e édit., p. 105.

(2) *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1891, R. B., p. 148. — *Journ. de Bot.*, 1891, p. 5 et suiv.

nation de certaines Papilionacées, principal objet de ses observations, naîtraient directement dans le protoplasme fondamental, sans qu'on y puisse reconnaître la présence antérieure d'aucune sorte de plastides, et conséquemment sans aucun rapport de filiation avec les plastides de la plante mère.

M. Belzung aurait, de plus, constaté la présence, dans ces mêmes embryons ou plantules, de grains de chlorophylle de deux origines différentes.

Les uns se formeraient par différenciation directe du protoplasme pariétal de la cellule, comme M. Godfrin l'avait déjà reconnu, en 1884, dans ses *Recherches sur l'anatomie comparée des cotylédons et de l'albumen* (1) ; les autres résulteraient de l'imprégnation par le pigment vert, de certains corpuscules provenant eux-mêmes de la régression de granules d'amidon formés directement dans le protoplasme, comme il vient d'être dit, et pour lesquels, les considérant comme étant de nature ternaire, M. Belzung proposait alors le nom d'*amylites*.

De là, deux sortes de grains de chlorophylle : les *chloroleucites*, dans le premier cas, les *chloroamylites*, dans le second (2).

Dans un second mémoire publié, en 1895, dans le *Journal de Botanique* de M. Morot, M. Belzung a exposé le résultat de nouvelles recherches qui l'ont amené à modifier quelques-unes de ses conclusions précédentes, et à formuler tout un ensemble de considérations théoriques sur la *Marche totale des phénomènes amylochlorophylliens* (3).

De ces nouvelles observations, il semble résulter, comme M. Belzung l'annonçait déjà en 1887, que les grains d'ami-

(1) Cotylédons du *Quercus Mirbeckii*, du *Lupinus albus* et du *Theretia neriifolia*. — Voy. J. Godfrin, *Recherches sur l'anatomie comparée des cotylédons et de l'albumen* (Ann. Sc. nat. Bot., 6e série, t. XIX, p. 136 et 141, et pl. VI, fig. 77-80). — Plantules du *Phaseolus multiflorus*, du *Pinus Pinea*, etc. Belzung, *op. cit.* (Annales, 7e série, t. V, p. 261, et pl. VI, fig. 32-35).

(2) *Annales*, 7e série, t. V, p. 263.

(3) *Journ. de Bot.*, 1895, p. 34 et suiv.

don de l'embryon des Papilionacées naissent bien, en effet, directement, sans aucune intervention préalable d'un granule albuminoïde quelconque, leucite ou plastide, dans les très fines vacuoles du réseau protoplasmique fondamental (1).

Toutefois, s'il en est ainsi de l'amidon embryonnaire, M. Belzung reconnaît néanmoins, d'accord en cela avec M. Schimper, « qu'à toutes les autres phases de la vie de la plante, les grains d'amidon se déposent toujours dans des corpuscules albuminoïdes préexistants », lesquels toutefois, suivant lui, ne peuvent s'édifier qu'à la faveur des grains d'amidon préalablement élaborés dans l'embryon (2).

Il faut convenir que quelques mots d'explication sur le sens et la portée de cette dernière proposition n'auraient pas été inutiles.

D'après M. Belzung, le grain d'amidon, simple ou composé, suivant les dates, qui s'est ainsi formé dans une vacuole du protoplasme fondamental, s'entourerait, à un moment donné, d'une sorte de squelette plasmique, tantôt simple (grain simple) tantôt réticulé (grain composé), se transformant lui-même sur place, par suite d'une sorte de digestion du granule ou des granules d'amidon inclus, en un corpuscule albuminoïde, — celui-là même que, par suite d'une étude incomplète de sa constitution intime, M. Belzung avait considéré d'abord comme étant de nature ternaire, en proposant pour lui le nom d'*amylite*.

En suite de quoi, tantôt demeuré incolore ou prenant des colorations variées, ce même corpuscule passerait à l'état de leucoplastide ou de chromatophore, tantôt il s'imprégnerait de pigment vert pour se transformer finalement en un grain de chlorophylle (3).

Que si nous suivions plus loin l'évolution de ce dernier organite, nous le verrions bientôt grossir et se charger de

(1) *Ibid.*, p. 35 et suiv.
(2) *Ibid.*, p. 38.
(3) *Ibid.*, p. 48.

nouveaux grains d'amidon qui finiront souvent par le remplir entièrement ou le faire même complètement disparaître.

S'appuyant sur ces diverses observations, M. Belzung en arrive à conclure : 1° que le grain d'amidon doit être reconnu « comme principe générateur du corpuscule chlorophyllien » (1) ; 2° que, si le grain vert naît ainsi « sous l'action protoplasmique, de la synthèse des matières amylacées et d'un complexe d'autres substances empruntées au suc cellulaire, inversement il peut reconstituer son hydrate de carbone générateur » comme un produit de sécrétion provenant de la « décomposition de sa propre substance » (2), phénomène dont l'ensemble, d'après les propres expressions de M. Belzung, constitue « un cycle réversible » (3).

Comme précédemment, M. Belzung continuait, d'ailleurs, de reconnaître, dans son second mémoire, l'existence, à différents stades de la vie de la plante, de grains de chlorophylle formés sans intervention visible de l'amidon, par différenciation directe, et soulèvements partiels du protoplasme pariétal, comme dans le pistil du Haricot (4) et dans la plantule en germination du Lupin blanc (5).

Il est vrai qu'il s'était demandé, dès 1887, si ces sortes de renflements ne seraient pas dus, en réalité, à la présence de granules amylacés d'une extrême ténuité, ne bleuissant pas, mais jaunissant par l'eau iodée. C'est un point, ajoutait-il, sur lequel on ne saurait se prononcer, dans l'état actuel de la science (6).

Nous serons amené par la suite à nous rendre compte de la véritable origine des grains de chlorophylle qui paraissent, au premier abord, se former de la même manière dans les entre-nœuds supérieurs, déjà plus ou moins allongés, de quelques-unes de nos espèces.

(1) *Ibid.*, p. 48.
(2) *Ibid.*, p. 138 et 185.
(3) *Journ. de Bot.*, 1892, p. L.
(4) *Journ. de Bot.*, 1895, p. 101 et 103.
(5) *Ibid.*, p. 69.
(6) *Annales*, 7e série, t. V, p. 183 et 184.

M. Belzung a intentionnellement négligé, dans son second mémoire, tout ce qui se rapporte à la production de l'amidon et de la chlorophylle dans la tige et la feuille de la plante adulte. Il se borne à dire qu'à cet égard « les données morphologiques se réduisent essentiellement à cette constatation, que des granules amylacés prennent naissance dans l'intérieur des corps chlorophylliens soumis à l'action de la lumière, les conditions générales nécessaires à la manifestation de la vie étant d'ailleurs satisfaites » (1).

J'arrive maintenant à l'exposé et à la critique de mes propres observations.

Quand on étudie avec soin les cellules des assises terminales du cône de végétation, on y constate la présence, dès le début, d'un certain nombre de granules ou corpuscules incolores, de réfringence variable, diversement répartis dans le protoplasme fondamental, mais présentant tous ce caractère commun de se laisser colorer uniformément en jaune par le réactif iodo-ioduré.

Ils se laissent, en outre, impressionner, soit directement par la fuschine et le rouge d'aniline formolisé, soit par les couleurs d'aniline en général, après traitement par l'alcool, soit même, pour certains d'entre eux, par la solution aqueuse du bleu d'aniline. L'acide acétique, à différents degrés de concentration, les détruit ou les neutralise. Ils présentent, en un mot, la plupart des réactions caractéristiques des substances protéiques ou albuminoïdes.

En continuant l'examen d'une coupe traitée par l'alcool et le réactif iodo-ioduré, nous voyons s'y différencier, à un niveau inférieur, dans le canal médullaire et dans les assises internes de l'écorce primaire, plus rarement jusqu'au sommet, dans la région axile du cône, des granules un peu grossis, passant par transitions plus ou moins sensibles, de haut en bas, à une coloration brune d'autant plus accusée qu'ils s'éloignent davantage de leur lieu d'origine.

(1) *Journ. de Bot.*, 1895, p. 135.

Traitant ensuite la coupe par l'acide acétique et l'eau distillée, nous pourrons nous faire une idée assez nette de la structure intime des granules à ces deux premières phases de leur évolution.

La coupe s'est de la sorte sensiblement éclaircie par dissolution du protoplasme (1), tandis que les granules, d'abord neutralisés par l'acide, sont redevenus apparents au contact de l'eau distillée. Ils sont de deux sortes : les uns uniformément colorés en jaune, tous localisés à l'extrémité ou plus rarement sur les côtés seulement du cône, les autres, à un niveau ordinairement inférieur, dans la moelle et l'écorce primaire des premiers entre-nœuds, portant, incrustés dans la substance jaune, un ou plusieurs corpuscules très ténus, qui conservent seuls la coloration brune communiquée par le réactif à la masse tout entière, et dans lesquels il va nous être aisé de reconnaître des granules d'amidon à l'état naissant : Sycomore (30 mai 1892, 29 mai 1894), Poirier (13 juin 1893), Pommier (31 mai même année), Myrsine d'Afrique (18 juin 1896), Frêne (3 juin 1893), Laurier-Rose (17 juin 1896), Fusain du Japon (13 juin même année), Faux-Ébénier (26 août 1894), Lilas (15 avril 1892), Corète du Japon (18 mai 1896), Figuier (16 juin 1892), Staphylier (25 mai 1893), Fusain d'Europe, Laurier-Tin, Seringa, Spirée à feuilles d'Obier (17 juin 1892), etc., etc.

Il est vrai que la réaction élective de l'iode sur l'amidon est restée jusqu'ici assez obscure; pour la bien mettre en évidence, il convient de s'adresser à d'autres coupes pratiquées au même niveau, lesquelles seront traitées successivement par l'alcool, la potasse, l'acide acétique, et l'eau ou la glycérine iodée (2)

La substance protéique, formant en quelque sorte le

(1) Sur cette action dissolvante de l'acide acétique, voy. Baillon, *Dict. de Bot.*, t. III, p. 575.

(2) Sachs, *Physiologie végétale*, trad. franç., p. 350. — Poulsen, *Microchimie végétale*, trad. franç., p. 7. — Strasburger, *Manuel d'anatomie végétale*, trad. franç., p. 48.

squelette, ou, pour mieux dire, la matrice des granules amylacés, se trouvera de la sorte complètement dissoute, de même que le protoplasme ambiant, et il ne restera plus dès lors dans les cellules des entre-nœuds supérieurs que les seuls granules précédemment brunis par le réactif iodo-ioduré, lesquels, mis à nu par la potasse, ont pris, au contact de l'iode, une des colorations, bleue ou violacée, caractéristiques de l'amidon.

Quant aux granules que le même réactif colorait précédemment en jaune dans les très jeunes cellules de la tige, ils ont complètement disparu, dissous également par la potasse, sans qu'on puisse se méprendre sur leurs rapports d'identité avec les granules passés à l'état d'amyloplastides, qu'ils précédaient dans le cône et les y ont remplacés à un niveau un peu inférieur.

Avant d'aller plus loin, il y aurait lieu de se rendre compte du processus de formation des petits noyaux amylacés qui apparaissent ainsi de bonne heure dans l'intimité des granules protéiques primordiaux.

Deux cas peuvent se présenter, selon qu'il ne se forme qu'un seul granule d'amidon ou qu'il s'en forme plusieurs dans le même plastide.

Lorsqu'il ne se forme qu'un seul granule d'amidon, celui-ci, plus ou moins bruni par le réactif iodo-ioduré, peut apparaître, soit au centre, soit sur le bord du plastide, progressant ensuite du centre à la périphérie, dans le premier cas, en direction centripète dans le second.

Quant aux granules multiples, ils peuvent se former, tantôt à la périphérie du plastide, progressant ensuite vers le centre, tantôt sans ordre apparent et diversement distribués dans l'intérieur de la masse.

Je conviens qu'à cette première phase de production amylacée, le détail des phénomènes est d'une observation difficile en raison de l'extrême petitesse des organites considérés. Mais bientôt les granules complexes, — protéo-amylacés, — ont pris assez de développement pour

qu'on puisse, chez beaucoup d'entre eux, grâce aux réactions différentielles plus haut indiquées (iodo-iodure, acide acétique, eau distillée), se rendre assez bien compte du nombre et de la position relative de leurs enclaves amylacées. Et les idées achèveront de se fixer sur ce point, lorsque nous pourrons constater, plus tard, la plus complète analogie entre les phénomènes d'amylification que nous venons d'entrevoir seulement dans les plastides en voie de croissance, et ceux que nous étudierons, avec toutes facilités d'observation, lors de la formation de l'amidon d'été dans ces mêmes plastides passés à l'état de grains de chlorophylle adultes.

Cependant, les grains d'amidon achèvent de grossir en distendant de plus en plus leur enveloppe albuminoïde finalement réduite à une très mince pellicule englobante, généralement encore incolore. Il y en a même qui paraissent parfois s'être dégagés de cette enveloppe, lorsqu'on les voit, placés dans l'eau, se répandre dans la cavité cellulaire et s'y montrer agités du mouvement brownien (Staphylier, 25 mai 1892).

Quant aux grains, en plus grand nombre, qui restent entourés d'une mince pellicule albuminoïde, une fois leur maximum de développement atteint, ce qui n'est pas beaucoup dire, car ils restent alors généralement assez petits, on les voit bientôt se mettre en régression par des procédés analogues à ceux que nous étudierons en automne, tandis que leur enveloppe albuminoïde s'épaissit peu à peu en s'imprégnant d'un pigment parfois jaunâtre au début, puis vert, pour aboutir finalement à la constitution d'un grain de chlorophylle complet, après absorption totale de l'enclave amylacée.

L'étude de cet ensemble de phénomènes nous a paru singulièrement facilitée, par suite de la prompte résorption de l'amidon, dans la région endodermique d'une jeune pousse de Lilas coupée le 15 avril 1892, et mise en observation, le pied dans l'eau, jusqu'au 6 mai suivant.

Mes remarques sur ce point sont, d'ailleurs, absolument conformes à celles de M. Schimper, d'après qui le grain d'amidon se dissout toujours en tout ou en partie dans son leucite formateur, lorsque celui-ci se transforme en chloroleucite par imprégnation du pigment vert (1). Et ailleurs : « D'abord les corpuscules amylacés grossissent, l'amidon se redissout en tout ou en partie et en même temps se développe le pigment » (2).

Il importe toutefois de remarquer, — ce qui, croyons-nous, n'avait pas encore été fait jusqu'ici, et nous y y reviendrons par la suite, — que les phénomènes de régression de l'hydrate de carbone et de formation du corps chlorophyllien ne sont pas absolument parallèles.

En effet, le plastide en voie de reconstitution continue encore de grossir et de verdir pendant quelque temps après la disparition complète de l'amidon, preuve évidente de sa vitalité propre, son accroissement se faisant ainsi, pour partie, aux dépens du milieu ambiant, indépendamment de la part contributive prise à son élaboration par la transsubstantiation de l'hydrate de carbone auquel il avait lui-même donné naissance.

Le corps chlorophyllien n'a généralement atteint, à cette époque, que les deux tiers environ de son volume définitif. Je ne connais guère d'exception à cette règle que pour les chloroplastides de l'endoderme dont la croissance s'opère et s'achève assez souvent, comme on sait, sans diminution sensible dans le nombre et la grosseur de leurs enclaves amylacées.

Je dois reconnaître qu'il n'est pas toujours facile de constater la persistance de la mince pellicule albuminoïde qui continue, suivant moi, d'entourer la plupart des grains d'amidon au cours de leur évolution ascendante, bien qu'on

(1) Schimper, *Sur l'amidon et les leucites* (Ann. Sc. nat. Bot., 7e série, t. VI, p. 83).
(2) *Sur l'origine des grains d'amidon* (Ann. Sc. nat. Bot., 6e série, t. XI, p. 262).

la retrouve assez visible dès que ceux-ci commencent à entrer en régression, et l'on en vient ainsi à se demander, — ce qui serait rentrer en partie dans le sens des observations de M. Belzung sur l'amidon embryonnaire, — si le grain d'amidon, se dégageant, en réalité, de son enveloppe albuminoïde, ne serait pas ainsi appelé à constituer, à lui seul, le corps chlorophyllien, sans le concours de son plastide formateur disparu, et sous la seule action de la lumière et du milieu plasmique.

Nous ne le pensons pas. Quelles que soient, en effet, les difficultés d'observation en pareil cas, il ne nous paraît pas impossible, avec un peu d'attention, de saisir quelques indices matériels de cette persistance de l'enveloppe.

C'est ainsi que l'acide acétique diminue le nombre apparent des granules, en dissolvant ou neutralisant ceux qui ne contiennent pas encore d'amidon, tandis qu'il fait apparaître les autres tout à la fois plus réfringents et plus petits, par suite très vraisemblablement d'une action analogue sur leur pellicule englobante.

C'est pour le même motif que le violet de gentiane colore les granules protéo-amylacés après traitement par l'alcool, et reste sans action sur eux lorsqu'ils ont passé au préalable par l'acide acétique concentré.

Enfin, en traitant les coupes, comme précédemment, par le réactif iodo-ioduré, l'acide acétique et l'eau distillée, il n'est pas rare de trouver, associée aux noyaux amylacés colorés en brun plus ou moins foncé par le réactif, une substance simplement jaunie, attestant bien évidemment la persistance sur leurs bords d'une portion plus ou moins réduite des plastides formateurs.

Cette persistance de l'enveloppe azotée a, d'ailleurs, été reconnue par M. Belzung lui-même dans les leucites amylogènes de la racine (1), et par M. Schimper, d'après qui,

(1) Belzung, *Note sur le développement de l'amidon dans les plantes germant à l'obscurité* (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1885, p. 374 et suiv.). — Voy. aussi *Journ. de Bot.*, 1892, t. XLIX et L.

dans tous les cas où l'on n'observe pas d'enveloppe albuminoïde au grain d'amidon, celui-ci n'en est pas moins inclus dans un leucite très délicat, que son manque de coloration empêche seul d'apercevoir (1).

M. Schimper ajoute que, lorsqu'il se produit, dans les cas douteux, un verdissement des grains d'amidon, on peut conclure à l'existence de plastides qui les enveloppent exactement et qui se reconstituent lors de la dissolution de ces mêmes grains (2).

Baillon considère également que « le grain d'amidon demeure enveloppé par le protoplasme tant qu'il s'accroît et même souvent au delà, après quoi le *mince revêtement protoplasmique* qui l'entoure peut finir par disparaître » (3).

Au surplus, le temps d'hésitation est fort court, l'apparition du pigment vert à la périphérie du grain d'amidon ne tardant pas à lever tous les doutes.

Cherchant maintenant à tirer des observations précédentes les conclusions générales qu'elles comportent, nous arrivons à reconnaître, quelles que puissent être les différences que nous aurons à constater entre eux dans la suite de leur évolution, que les corps chlorophylliens, considérés dans la tige des Phanérogames en général, nous apparaissent comme le produit, non entièrement, mais pour la plus grande part, de la synthèse d'un hydrate de carbone avec son plastide formateur.

Le grain d'amidon se constitue à l'intérieur du plastide, auquel il sert ensuite d'aliment de réserve destiné à l'élaboration du grain de chlorophylle, comme aboutissant d'une digestion double et successive du granule protéique ou plastide par l'hydrate de carbone dont il avait lui-même, au début, synthétisé les éléments, et de l'hydrate de carbone par le plastide.

Nous nous trouvons donc ici en présence de deux forces

(1) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 7e série, t. V, p. 232.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Dict. de Bot.*, t. III, p. 581.

concomitantes, mais non pas égales, puisque le plastide survit à l'hydrate de carbone et continue même de grossir, comme on l'a dit plus haut, après la complète disparition de celui-ci.

S'il en est réellement ainsi, le phénomène de la synthèse amylo-chlorophyllienne, considéré dans les jeunes tissus de la tige, constituerait donc bien, en réalité, comme dans l'embryon, un cycle réversible, pour me servir des expressions de M. Belzung, mais un cycle réversible avec interversion des termes. D'après M. Belzung, le cycle partirait, dans l'embryon, d'un hydrate de carbone pour aboutir à un hydrate de carbone par l'intermédiaire d'un corpuscule albuminoïde ; je le fais partir, au contraire, dans la tige, d'un corpuscule albuminoïde, pour aboutir à un corpuscule albuminoïde par l'intermédiaire, pour partie, d'un hydrate de carbone (granule amylacé).

Et j'ajoute immédiatement qu'il faut, par suite, reconnaître au granule protéique initial, dans la tige, un rôle physiologique identique à celui du grain de chlorophylle adulte dans lequel, d'après M. Belzung, s'effectuerait « l'assimilation de l'ensemble des principes minéraux qui viennent se rassembler dans le parenchyme », et d'où résulterait notamment, dans l'un et l'autre cas, la formation de l'amidon, comme un produit de sécrétion des matières protéiques, lié à la décomposition partielle de leur propre substance (1).

Quelles que soient, d'ailleurs, les divergences d'opinions sur l'interprétation de ces phénomènes très complexes et en somme assez obscurs, il reste du moins acquis que

(1) *Journ. de Bot.*, 1895, p. 136, 138 et 142. — M. de Lanessan est porté « à voir, dans la fonction chlorophyllienne, l'instrument véritable de la synthèse des matières albuminoïdes », les hydrates de carbone, amidon et graisse, qui en dérivent et sont contenus dans les corpuscules chlorophylliens ne constituant pas, suivant lui, des produits directs de cette même synthèse, mais un produit d'analyse par désassimilation du protoplasma qui forme le substratum de ces corpuscules (Baillon, *Dict. de Bot.*, t. II, p. 19. — J.-L. de Lanessan, *La Botanique*, p. 265).

l'amidon nous apparaît, conformément aux conclusions de M. Belzung (1), comme un des éléments générateurs habituels du grain de chlorophylle, aussi bien dans la tige en croissance que dans les tissus de la jeune plante à certaines phases de sa vie embryonnaire.

Est-ce à dire qu'il doive en être considéré comme le facteur indispensable? Nullement.

Sans même qu'il soit besoin de faire intervenir le mode spécial de formation par différenciation directe du protoplasme pariétal, dont il a été question précédemment, on devra reconnaître, en effet, que la chlorophylle peut se former sans aucune intervention apparente de l'amidon : normalement chez le Charme, où nous savons que l'amidon primordial fait toujours défaut, exceptionnellement dans certaines tiges d'une croissance particulièrement vigoureuse, comme j'en ai trouvé des exemples chez le Frêne, la Vigne et autres espèces énumérées plus haut (p. 324).

J'ai vu de même l'amidon, complètement nul, au *début*, dans les assises corticales externes du Poirier (2 mai 1891), du Sureau (25 juin-11 juillet 1896), du Baguenaudier (4 juillet 1896), de l'Obier, du Sumac glabre, du Staphylier, du Tilleul, dans le cône floral du Rosier (6 juillet 1892, 9 juin 1893), etc., etc., n'y apparaître qu'assez tard, en trop faible quantité et d'une façon trop fugitive pour qu'on pût lui attribuer un rôle tant soit peu appréciable dans l'élaboration des plastides chlorophylliens.

Mêmes remarques sur de jeunes pousses placées, au contraire, expérimentalement dans des conditions de végétation tout à fait défavorables, et forcées par suite de consommer directement, sans figuration préalable, la plus grande partie des substances qui contribuent d'ordinaire à former dans le cône de végétation une première réserve amylacée.

De là cette conclusion que la suppression totale ou par-

(1) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 7e série, t. V, p. 299. — Belzung, *Sur le verdissement* (Journ. de Bot., 1891, p. 351 et 352).

tielle de la phase amylacée primordiale, incapable, aussi bien dans l'un que dans l'autre cas, d'empêcher l'évolution chlorophyllienne des plastides, peut résulter indifféremment de variations en sens contraire, excès ou depression, dans les facultés végétatives de la plante.

A l'appui du second terme de cette proposition, je puis citer une suite d'expériences entreprises dans les conditions que voici :

Je suppose quelques tiges de l'année coupées au cours de l'hiver et maintenues, le pied dans l'eau, en chambre chauffée, jusque vers le milieu de février ou les premiers jours de mars. On voit alors se développer sur ces tiges de petites pousses feuillées, ou même parfois de courtes inflorescences (Lilas, Épine-Vinette, Groseillier), qui végètent plus ou moins longtemps avant de se flétrir, faute d'alimentation suffisante.

Dans ces conditions de végétation anormale, le peu d'amidon tenu ordinairement en réserve dans le bourgeon latent, venant à s'épuiser promptement, il peut se faire qu'il ne soit pas remplacé dans le cône végétatif en croissance, ou que, s'il s'y reforme en faible quantité, ce qui arrive le plus souvent, c'est pour se localiser presque aussitôt dans l'endoderme seulement, ou tout à la fois dans l'endoderme et la moelle.

Or, j'ai remarqué que cette suppression totale ou partielle de la phase amylacée primordiale ne fait nullement obstacle à la formation des corps chlorophylliens. On constate seulement, comme on devait s'y attendre, qu'ils restent généralement plus petits que ceux des tiges à croissance normale.

Les espèces que j'ai vues se prêter le mieux à ce genre d'expériences sont les suivantes : Chèvrefeuille (18 mars 1893), Fusains d'Europe et du Japon (avril 1893), Marronnier (7-24 mars 1896, 9 avril 1893), Noisetier (29 mars 1896), Orme (même mois, même année), Aristoloche (11 mars 1892, 11 avril 1893), Fustet (20 avril 1892),

Sumac glabre (mars-avril 1896), Cassis (6 mars 1892, 25 mars 1893, mars-avril 1896), Groseillier (mars-avril, même année), Sureau (mars 1893 et 1896), Obier (10-30 mars 1896), Arbre de Judée (5 avril, même année) et Épine-Vinette. — Citons enfin et surtout le Lilas, où j'ai pu suivre fréquemment la marche du phénomène dans des conditions particulièrement démonstratives (7-9 février 1893, mars 1893 et 1896, 7-23 avril 1892, etc., etc.).

Il est vrai que j'ai vu l'amidon se former et se comporter d'une façon à peu près normale dans le cône *végétatif* d'autres espèces soumises aux mêmes expériences, et qui se montraient ainsi beaucoup moins sensibles que les précédentes aux conditions déprimantes de végétation où elles se trouvaient placées. C'est ce que j'ai constaté chez le Faux-Ébénier, l'Acacia, le Frêne, le Staphylier et le Seringa. Les granules d'amidon observés, le 20 avril 1892, à l'extrémité même du cône de cette dernière espèce, se montraient *tous*, dès leur apparition, très distinctement teintés de *vert*, ce qui va bien, d'ailleurs, dans le sens de leur origine albuminoïde.

Enfin si, modifiant un peu les conditions d'expérience qui viennent d'être indiquées, nous procédons, au printemps, par voie de sevrage sur de jeunes tiges en pleine croissance (Obier, Sycomore, Marronnier, Laurier-Tin, Fusain du Japon, etc.), l'amidon ne tardera pas à disparaître, sans qu'il en résulte aucune modification importante dans l'évolution des chloroplastides.

Ce ne sont là, toutefois, je le répète, que des faits exceptionnels; dans la marche ordinaire des choses, cette évolution ne s'opère le plus souvent qu'à la faveur d'une phase transitoire, généralement assez courte, de production amylacée.

Mes observations sur l'ensemble des phénomènes de l'amylo-chlorophyllo-genèse dans la tige des Phanérogames, ont porté plus spécialement sur le cône végétatif et les tissus corticaux et médullaires des entre-nœuds supérieurs des

espèces suivantes : Sycomore (30 mai 1892), Vigne-Vierge (1[er] août 1892), Faux-Ébénier (26 août 1894), Figuier (16 juin 1892), Frêne (3 juin 1893), Fusain et Corète du Japon (18 mai, 13 juin 1896), Lilas (15 avril 1892), Myrsine d'Afrique (18 juin 1896), Laurier-Rose (17 juin 1896), Pommier, Poirier (31 mai, 13 juin 1893), Spirée à feuilles d'Obier (17 juin 1892), Staphylier (12 avril 1892, 25 mai 1893), Sumac glabre, Fustet, Fusain d'Europe, — et, de plus, sur trois espèces herbacées qui présentent de grandes facilités d'observation : *Aster lævis* L. (9-31 juillet 1892, 30 juin 1896), *Phlox paniculata* L. (25 juin, 1[er] août 1892, 1-7 juillet 1896), *Saponaria officinalis* L. (25 juin 1890, juin, août 1892, 26 juin 1893, 1[er] juillet 1896).

C'est également par synthèse d'un grain d'amidon et de son plastide ou corpuscule albuminoïde formateur, que j'ai vu la chlorophylle se former : 1° dans les jeunes feuilles de la plante adulte ; 2° dans certains méristèmes secondaires à tissu vert, tels que les rayons libériens de la Vigne et du Faux-Ébénier, le phelloderme des *Ribes*, etc., etc. ; 3° dans l'embryon du *Pelargonium zonale* Willd., du *Senecio vulgaris* L. et du *Portulaca grandiflora* Lindl. ; 4° enfin, dans les poils foliaires de certaines plantes ligneuses, telles que le Charme et le Sureau, ou herbacées, comme le Dalhia, la Courge et le Mélandre dioïque.

L'origine des grains d'amidon dans les tissus incolores de la tige est la même. Ils procèdent également d'un granule protéique (*leucoplastide* de M. Schimper), avec cette double différence que celui-ci ne s'imprègne pas de pigment vert et qu'il tend assez souvent à se résorber finalement, en même temps que le grain d'amidon auquel il a donné naissance. C'est ce que j'ai pu constater, notamment, dans les assises incolores de la zone corticale externe du Laurier-Rose, dans les plages superficielles également incolores, qui alternent avec les massifs chlorophylliens de l'écorce primaire du Rosier, dans le cambium du Sycomore et autres tissus de même sorte.

Nous remettons à la fin du chapitre suivant l'examen de la question de savoir d'où proviennent les granules protéiques qui sont le siège de la première production amylacée dans la tige des Phanérogames, et dont l'évolution aboutit à la formation des corps chlorophylliens.

CHAPITRE DEUXIÈME

DIFFÉRENCIATION DES CELLULES ET DES CHLOROPLASTIDES

Nous abordons, dans ce chapitre, l'étude de certains phénomènes qui accompagnent, dans l'intimité de la vie cellulaire, la transformation des granules protéiques initiaux en grains de chlorophylle. Il convient, à cet effet, de revenir tout d'abord un instant sur nos pas.

Observées dans l'eau, les très jeunes cellules du méristème terminal ne présentent pas toutes ni toujours le même aspect. Le noyau, plus ou moins visible, occupe encore une grande partie de la cavité cellulaire, et s'y montre, tantôt accompagné d'un plasma d'aspect franchement granuleux, à éléments réfringents, tantôt entouré d'un petit nombre de granules ou corpuscules plus pâles, engagés avec lui dans un plasma homogène ou d'apparence telle, et d'assez faible réfringence (1).

Tel est du moins l'état de choses qui nous est apparu le plus souvent au sommet du cône végétatif d'un grand nombre d'espèces (Sycomore, Baguenaudier, Figuier, Frêne, Fusain d'Europe, Lierre, Vigne-Vierge, Staphylier, Acacia, Lilas, etc.), et dans lequel nous croyons entrevoir les premiers indices de la spécialisation caractéristique des deux sortes de chloroplastides que nous aurons bientôt à différencier, et des deux sortes de cellules où ils sont réciproquement localisés.

(1) Sur le rôle du noyau dans la formation de l'amidon, voy. Belzung, *op. cit.* (Annales, 7e série, t. V, p. 230 et 231).

Il est vrai que ces différences initiales sont souvent assez obscures, et qu'elles s'effacent en présence de l'alcool absolu, lequel ramène instantanément le contenu de toutes les cellules au seul type granuleux. Il m'est même arrivé de n'en point rencontrer d'autres sur coupes examinées dans l'eau (Faux-Ébénier, Chèvrefeuille, Arbre de Judée, Laurier-Rose), ce qui pouvait tenir, soit à certaines modifications accidentelles dans la structure intime du protoplasme, soit, plus probablement, à ce que, dans les coupes considérées, la croissance de la branche étant plus avancée, les cellules terminales sortaient déjà de leur état primordial, essentiellement transitoire, pour passer à une seconde phase d'évolution où la distinction des deux sortes de cellules devient à peu près impossible (1).

Elles ne tardent pas toutes, en effet, à se creuser de vacuoles, tandis que les granules ou corpuscules plus ou moins différenciés qu'on y observait au début, commencent à grossir et se chargent en même temps d'amidon, ce qui les rend plus réfringents et partant plus visibles, tout en communiquant à l'ensemble des cellules un facies assez uniformément granuleux.

Cependant, à cette seconde phase de l'évolution des cellules, caractérisée, comme il vient d'être dit, par la formation des vacuoles et l'amylification des granules, va bientôt en succéder une autre où nous verrons s'accuser, enfin, en toute netteté, les caractères différentiels, simplement entrevus jusqu'alors, qui nous permettront de les distribuer en deux grandes catégories morphologiquement, et, selon toute vraisemblance, physiologiquement distinctes, état stable désormais et qui persistera, dans certains tissus de la tige adulte, au cours entier de son existence.

Je dis : dans certains tissus de la tige, parce qu'en effet

(1) Chez la Vigne-Vierge, je trouve au cône, tantôt des cellules toutes à contenu uniformément granuleux (5 septembre 1892), avec différenciation ultérieure, tantôt un mélange de cellules, les unes à contenu granuleux, les autres à plasma sombre et noyau central, sans plastides ni granulations visibles (1885).

la spécialisation différentielle dont il est ici question n'affecte, en réalité, d'une façon plus ou moins sensible que les cellules des tissus parenchymateux, chlorophylliens ou autres, restés vivants. Elle est moins appréciable, ou s'annihile même complètement dans les tissus mécaniques ou simplement conducteurs : parenchyme lignifié, fibres, tubes criblés et vaisseaux.

Pour nous rendre bien compte de la marche des phénomènes, il importe de les considérer séparément dans les deux sortes de cellules. Voyons d'abord ce qui se passe dans les cellules à plasma granuleux.

Déjà sensiblement grossis, transformés en plastides amylogènes, et commençant le plus souvent à verdir sous l'influence de la lumière, les granules propres de ces sortes de cellules ne tardent pas à se dégager plus ou moins de la couche continue du plasma pariétal, laquelle se trouve finalement réduite à l'état d'une très mince pellicule utriculaire à structure assez visiblement granuleuse.

Ainsi mis en liberté, on voit alors les plastides de cette première sorte, tantôt se répartir par petits groupes dans l'intérieur de la cavité cellulaire, souvent au voisinage du noyau, tantôt se répandre isolément contre la face interne de la pellicule albuminoïde qui en revêt les parois.

Il faut un peu d'attention pour se rendre compte de cette dernière disposition. En y regardant de près, on finit cependant par reconnaître, en coupe optique, que ceux des chloroplastides qui, chez ces sortes de cellules, viennent à ramper contre les parois radiales, s'en montrent très ordinairement séparés par une très étroite bordure, correspondant vraisemblablement à la mince couche de l'utricule primordial. J'ai même pu, chez le Lilas (21 juillet 1895), en traitant les coupes par l'alcool à 30°, mettre en évidence certains chloroplastides apparaissant par transparence *derrière* la couche utriculaire granuleuse de la paroi antérieure.

Ne serait-ce pas aussi à cet état d'indépendance des chlo-

roplastides à l'égard de cette même couche qu'il faudrait attribuer la facilité avec laquelle on les voit, dans certaines cellules du type granuleux, — jamais dans les autres, — se gonfler plus ou moins en présence de l'eau, jusqu'à se mettre parfois dans un état de quasi-diffusion dans la cavité cellulaire, ce à quoi leur inclusion persistante dans la couche pariétale devrait vraisemblablement faire obstacle.

Définitivement fixés dans cet état d'indépendance, très promptement chez la plupart des espèces, plus tardivement chez quelques autres (Baguenaudier, Petit-Houx, Faux-Ébénier, Acacia, Sycomore, Sureau), les chloroplastides des cellules à plasma granuleux, achèvent de verdir, passent lentement à l'état adulte, en résorbant leur amidon, tandis qu'on voit très fréquemment la cavité des mêmes cellules se remplir, en tout ou en partie, d'une substance elle-même vaguement granuleuse (Acacia, Fusain d'Europe, Corète du Japon, Lierre, Myrsine d'Afrique, Orme, Petit-Houx, Staphylier, Chèvrefeuille, Seringa), ou plus souvent granulo-visqueuse, et, dans les deux cas, tantôt incolore, tantôt plus ou moins pigmentée de vert (Fusains d'Europe et du Japon, Corète du Japon, Rosier, Staphylier, Tilleul, Sumac glabre, Fustet, Noisetier, Jasmin officinal, Pommier, Pêcher, etc.).

Incolore ou verdâtre, cette substance granuleuse se résorbe assez généralement, en tout ou en partie, en été, pour reparaître en automne, souvent plus abondante, mais dans des conditions de composition très probablement un peu différentes.

Aux cellules ainsi différenciées s'en trouvent constamment mélangées d'autres, sans ordre apparent, qui restent finalement remplies d'un suc clair, non granuleux, avec couche albuminoïde utriculaire ordinairement plus épaisse, d'apparence homogène, bien que toujours réductible à l'état granuleux par l'alcool et l'iode (1), telles, en un mot, qu'on se

(1) Le cytoblastème de Schleiden, autrement dit le protoplasma, jaunit et

trouve naturellement porté à les identifier avec les cellules qui nous étaient apparues semblablement caractérisées, avec granules ou corpuscules plus pâles, au sommet du cône végétatif.

Quant aux granules ainsi localisés, il est à remarquer qu'ils se distinguent des autres, non seulement par les différences initiales dont il vient d'être question, et par les caractères morphologiques que nous y relèverons plus tard, mais encore par la façon dont ils se comportent, soit à l'état formatif, soit ultérieurement, dans leurs rapports avec la couche continue du plasma pariétal.

Au lieu de se dégager plus ou moins promptement de cette couche pour se répandre de diverses façons dans la cavité cellulaire, selon le processus d'évolution des chloroplastides de la première catégorie, ceux-ci y restent, au contraire, indéfiniment inclus, sorte de disposition qu'on aurait donc eu le tort, suivant nous, de considérer jusqu'ici comme constituant le mode de station normale des grains de chlorophylle en général, sans distinction aucune de nature ou d'origine (1).

Une longue suite d'observations m'a, en outre, montré que les granules de la seconde sorte ne se comportent pas toujours de même au début, mais bien plutôt selon trois modes d'évolution que nous étudierons successivement, les deux premiers pouvant, d'ailleurs, se trouver associés dans la même tige, le troisième, rencontré seulement dans quelques cellules corticales très clairsemées de certaines de nos espèces.

1° Il peut se faire que les granules, déjà chargés d'amidon, restent assez longtemps engagés, autour du noyau, et avec lui, dans une couche assez épaisse de plasma réfringent, le

devient granuleux sous l'action de l'iode (Sachs, *Hist. de la Bot.*, trad. franç., p. 335).

(1) La disposition des chloroleucites « qui sont à l'état de grains... dépend de la disposition du protoplasme fondamental *où ils sont toujours plongés*, et change avec elle » (Van Tieghem, *Traité de Botanique,* 2e édit., p. 502).

tout formant une masse compacte, irrégulière, souvent mamelonnée ou mûriforme, qu'on ne saurait mieux comparer qu'à une sorte de grumeau, et où il est, d'ailleurs, assez facile de les mettre en évidence par l'alcool absolu et le réactif iodo-ioduré.

En cet état, les granules ne tardent pas à augmenter de volume et de nombre, — probablement par division, — tout en commençant à s'imprégner du pigment chlorophyllien, ce qui communique à la masse du grumeau une coloration verte plus ou moins caractérisée (Épine-Vinette, Arbre de Judée, Chèvrefeuille, Baguenaudier, Faux-Ébénier, Seringa, Staphylier, Sureau); après quoi leurs enclaves amylacées se mettent en résorption, — le plus souvent avant celles des granules de la première sorte, — tandis qu'on les voit se détacher peu à peu du noyau pour se répandre isolément ou par petits groupes dans la couche continue du plasma pariétal où ils achèvent de se différencier.

Telle est du moins la marche habituelle du phénomène. Il y a pourtant des exceptions. J'ai vu certains de ces plastides rester incolores jusqu'au moment de leur dispersion, et ne commencer à verdir qu'après s'être définitivement répandus dans la couche utriculaire. Dès lors, leur amidon est déjà en grande partie ou même presque entièrement résorbé.

On trouve de bons exemples de ce premier mode d'évolution dans la moelle, l'écorce primaire et l'épiderme du Sureau, dans la moelle de la Vigne et de l'Arbre de Judée, dans la moelle et le péricycle de l'Épine-Vinette, dans les régions corticales internes du Chèvrefeuille, dans l'assise moyenne très différenciée de l'écorce primaire de l'Acacia, çà et là dans certaines régions caulinaires du Staphylier, de l'Obier, du Noyer, du Figuier, du Charme, du Baguenaudier et du Lierre, et, enfin, tant dans l'endoderme de la presque totalité des espèces ligneuses que j'ai été à même d'observer, que dans la plupart des tissus chlorophylliens d'un grand nombre d'espèces herbacées : *Avena sativa* L.,

Dahlia variabilis Desf., *Scabiosa arvensis* L., *Euphorbia esula* L., *Phlox paniculata* L., etc., etc.

Bien que généralement caractéristique des cellules à suc clair, il y a lieu toutefois de remarquer que ce premier mode d'évolution peut se rencontrer aussi, à titre exceptionnel, dans les cellules granuleuses de certaines espèces, mais avec cette circonstance que le grumeau initial, en pareil cas, se montre d'ordinaire plus fugace, les plastides qui y sont inclus se mettant toujours assez promptement en liberté : Petit-Houx (4 juin 1892), Figuier (juillet 1891), Baguenaudier, Faux-Ébénier, Acacia, Obier, Sycomore, Sureau.

C'est vraisemblablement sur l'interprétation inexacte de ce mode spécial d'évolution que se fondait le système de J. Queket, généralisé par A. Gris, d'après qui les grains de chlorophylle proviendraient normalement d'une sorte de gelée verte émanant du noyau, et se répandant de là sur les parois de la cellule (1).

On voit aussi les plastides, très promptement dispersés, se rassembler parfois un peu plus tard en une masse unique semblable à celle qui vient d'être décrite, et passer ainsi, avant de se répandre définitivement contre les parois, par une phase tardive, plus ou moins prolongée, de concentration grumellaire. C'est ce qu'il m'est arrivé d'observer dans l'écorce primaire du Seringa, du Fusain d'Europe et du Tilleul, ainsi que dans celle du Staphylier, où les plastides avaient déjà commencé à verdir lorsque je les vis s'amasser ainsi tardivement en grumeau.

Peut-être cependant ne faudrait-il pas se hâter de conclure de là à quelque prédisposition réellement spécifique, le groupement tardif des plastides pouvant aussi fort bien résulter de certaines conditions exceptionnelles de végétation, modificatrices, en pareil cas, de la marche ordinaire des choses.

(1) A. Gris, *Recherches microscopiques sur la Chlorophylle* (Ann. Sc. nat. Bot., 4e série, t. VII, p. 179-219, pl. V-X). — Duchartre, *Élém. de Bot.*, 3e édit., p. 133. — Baillon, *Dict. de Bot.*, t. II, p. 14.

2° Au lieu de rester plus ou moins longtemps amassés autour du noyau, comme dans les cas précédents, les granules protéo-amylacés peuvent, au contraire, s'en éloigner de très bonne heure, parfois au sortir d'un petit grumeau initial essentiellement fugace, pour se répandre isolément ou par petits groupes contre les parois cellulaires.

Ce second mode d'évolution s'observe très fréquemment et paraît même être de beaucoup le plus habituel, dans l'écorce primaire, en dehors de l'endoderme, et dans la moelle d'un très grand nombre d'espèces ligneuses. Je puis citer comme exemple ce que j'ai constaté chez le Sycomore, l'Arbre de Judée, la Vigne-Vierge, le Citronnier, le Faux-Ébénier, le Frêne, les Fusains d'Europe et du Japon, le Laurier-Cerise, le Laurier-Rose, le Lilas, le Marronnier, le Myrsine d'Afrique, le Noisetier, l'Orme, le Pêcher, le Pommier, le Poirier, le Genêt d'Espagne, le Sumac glabre, le Fustet, etc., etc.

La dispersion isolée des granules peut s'opérer de deux façons différentes : par glissement immédiat dans la couche utriculaire, ou par l'intermédiaire de trabécules protoplasmiques s'irradiant pendant quelque temps autour du noyau (1). Quand ils se répandent, au contraire, par groupes, on voit ceux-ci se porter aux angles des cellules ou contre diverses parties des parois, y formant, par confluence, des amas plus ou moins volumineux, de coloration souvent jaunâtre au début, puis verdissant peu à peu et souvent d'apparence homogène. Cette apparence est d'autant plus trompeuse que la couche utriculaire, à ce moment surtout, sensiblement épaissie, peut alors s'imprégner plus ou moins elle-même de pigment vert, toute reconnaissance des plastides qui y sont engagés devenant de la sorte impossible sans réactifs (rouge d'aniline formolisé, alcool et violet de gentiane).

Ainsi groupés, les granules continuent de grossir et de se

(1) Sachs, *Physiologie végétale*, trad. franç., p. 346.

multiplier par division jusqu'au temps de leur dispersion finale, ne prenant généralement leurs dimensions et leur coloration définitives, — phénomène, du reste, commun à toutes les sortes de chloroplastides, — qu'après résorption complète, ou à peu près complète, de leurs enclaves amylacées (Houx, Myrsine d'Afrique, Épine-Vinette, Cassis, Staphylier, etc., etc.). Je les ai vus cependant, par exception rare et peut-être accidentelle, jaunir, puis verdir, chez le Chèvrefeuille, avant toute production d'amidon.

Enfin, il peut se faire, la multiplication des plastides étant très abondante, qu'ils en viennent à recouvrir d'une couche continue toute la surface des parois, dessinant ainsi, en coupes optiques, contre les parois radiales, une série de festons réguliers, tandis qu'ils prennent, vus de face, une forme hexagonale, résultat forcé de leur compression réciproque.

On conçoit aisément que l'interprétation trop hâtive de cette dernière disposition par des observateurs insuffisamment attentifs aux phénomènes antérieurs, ait pu leur suggérer l'idée qu'en pareil cas les grains de chlorophylle provenaient, en réalité, de la segmentation sur place d'une couche de plasma d'abord uniformément continue, puis localement différenciée (1).

Il ne sera pas inutile d'ajouter, en terminant ce paragraphe : 1° que l'état de confluence peut se produire aussi plus ou moins tardivement, à la suite de la désagrégation première d'un grumeau initial plus ou moins fugace ; 2° que la formation d'une couche continue de plastides à sections hexagonales ne se rencontre que très rarement chez les espèces ligneuses en général ; 3° qu'elle est, au contraire, d'une observation assez fréquente dans la tige de beaucoup de plantes herbacées, comme j'en ai trouvé des exemples très caractérisés, chez l'*Achillea millefolium* L., le *Melandrium dioicum* Coss. et G. de St-P., le *Pastinaca*

(1) Baillon, *Dict. de Bot.*, t. II, p. 14. — Sachs, *Physiologie végétale*, trad. franç., p. 345 et 346. — Duchartre, *Élém. de Bot.*, 3e édit., p. 133 et 134.

sativa L., le *Raphanus sativus* L., les *Sonchus arvensis* et *oleraceus* L., le *Solanum tuberosum* L., le *Bryonia dioica* Jacq., le *Papaver somniferum* L., etc., etc.

3° Enfin, j'ai rencontré, chez certaines espèces ligneuses, des cellules à suc clair, toujours en petit nombre, où le développement des plastides chlorophylliens, plus lent ou plus tardif, s'opère dans des conditions différentes de toutes celles qui ont été indiquées jusqu'ici (Acacia, Sycomore, Arbre de Judée, Charme, Faux-Ébénier, Frêne, Fusain d'Europe, Corète du Japon, Laurier-Rose, Lilas, Marronnier, Noyer, Orme, Pêcher, Poirier, Pommier, Spirée, Baguenaudier, Vigne, Chèvrefeuille, Sumac).

Sur le point d'atteindre leurs dimensions définitives, ces sortes de cellules, observées dans l'eau, ne paraissent contenir qu'un suc clair, sans traces visibles de granules d'aucune sorte, protéiques ou amylacés, soit que le premier amidon ou amidon transitoire, alors généralement en résorption dans les autres cellules (Baguenaudier, 29 mai 1892), ne s'y soit jamais formé, ou qu'il en ait déjà complètement disparu.

Assez mince et incolore au début, l'utricule primordial de ces mêmes cellules s'épaissit peu à peu d'une façon assez sensible, tout en prenant parfois dans son ensemble une coloration jaunâtre assez pâle. Enfin, on y voit se soulever par endroits de petites protubérances discoïdes, souvent très espacées, qui proéminent dans la cavité cellulaire, puis, s'imprégnant de pigment vert, se transforment finalement en autant de grains de chlorophylle.

Une étude superficielle de ce troisième et dernier mode d'évolution des chloroplastides localisés dans les cellules à suc clair, nous amènerait sans doute à conclure, qu'en pareil cas ils doivent se former par différenciation directe et soulèvements partiels consécutifs du plasma pariétal, qu'ils ont, autrement dit, même origine que ceux dont la formation a été étudiée et décrite par MM. Godfrin et Belzung dans les cotylédons ou dans la plantule en germination de certaines espèces (voy. plus haut p. 329).

Il n'en est rien. En traitant les coupes par l'alcool absolu et le violet de gentiane, on reconnaît qu'ici encore les chloroplastides sont le produit de l'évolution de granules protéiques invisibles dans l'eau, mais qui se trouvaient, en réalité, inclus dans la couche continue du plasma pariétal, avant tout soulèvement des protubérances chlorophyliennes qui leur doivent leur origine.

De quelque façon qu'ils procèdent, selon l'un ou l'*autre* des trois modes d'évolution que nous venons d'étudier, il est bon de rappeler que les chloroplastides ainsi localisés dans les cellules à suc clair, présentent tous ce caractère commun de rester longtemps ou même indéfiniment inclus dans la couche continue du plasma pariétal ou périnucléaire, tandis que les chloroplastides des cellules du type granuleux s'en dégagent toujours plus ou moins tôt.

Il est vrai que cette différence peut s'atténuer par la suite, lorsque les chloroplastides des cellules à suc clair, *s'étant* de nouveau chargés de granules d'amidon, après avoir atteint leur maximum de grosseur (amidon d'été), viennent à proéminer plus ou moins fortement dans la cavité cellulaire.

L'imprégnation du pigment vert se produit d'ordinaire directement chez les plastides chlorophylliens en voie de formation, tandis que s'opère la résorption des granules amylacés incolores qu'ils avaient fabriqués au début, mais il peut se faire aussi que le pigment se dépose d'abord sur de fins granules d'amidon formés tardivement dans des plastides restés eux-mêmes incolores, bien qu'ayant déjà atteint à peu près leur maximum de grosseur. Les granules ainsi colorés grossissent peu à peu, puis se mettent en résorption, tandis que le pigment vert dont ils étaient imprégnés se répand graduellement dans la masse du plastide, lequel se trouve ainsi finalement transformé en un vrai grain de chlorophylle. Parmi les espèces où j'ai observé ce mode spécial d'évolution chlorophyllienne, je me bornerai à citer le Faux-Ébénier, le Sureau, le Figuier, le Lilas et le Noisetier. Et j'ajoute

immédiatement que nous trouverons une sorte de contre-partie de ce phénomène en automne, et son exacte répétition lors de la rénovation printanière de l'amidon, chez certaines espèces, telle que le Lilas, dont les chloroplastides se décolorent plus ou moins complètement en hiver.

Il peut enfin arriver que les granules d'amidon, en se résorbant dans un chloroplastide en voie de formation, y laissent après eux une enclave de substance incolore qui, tantôt s'imprègne à son tour de pigment vert, tantôt fait place à une lacune persistante, centrale ou excentrique, ce qui semble déterminer l'origine des grains de chlorophylle en forme d'anneau, de croissant, de fer à cheval, etc., etc., que nous verrons plus loin se localiser dans certaines cellules granuleuses de quelques espèces.

Considérés dans l'écorce, les chloroplastides jouissent, pour la plupart, de la propriété de conserver ou de renouveler indéfiniment leur pigment vert. Il en est d'autres, au contraire, surtout dans la moelle de beaucoup d'espèces, qui, se décolorant peu à peu, retournent graduellement à leur état primitif de simples granules albuminoïdes, ou se résorbent même entièrement, laissant ainsi leurs enclaves amylacées se répandre à nu dans la cavité cellulaire.

Donc, dans la tige adulte des Phanérogames, deux sortes de plastides amylo-chlorophylliens, localisés dans deux sortes de cellules, lesquelles se différencient entre elles, non seulement par les caractères d'ordre morphologique précédemment indiqués, mais encore par la façon dont leur contenu se comporte en présence des réactifs. C'est en nous plaçant à ce dernier point de vue, qu'il nous reste à les examiner ici.

1° Instantanée sur les chloroplastides des cellules de la première sorte, et sur les granulations vertes qui leur sont souvent associées, comme il a été dit plus haut, l'action décolorante de l'alcool absolu est plus lente à se produire sur les grains de chlorophylle des cellules à suc clair. Le pig-

ment vert de ces derniers organites, incomplètement dissous par l'alcool, se répand aussitôt dans le suc cellulaire auquel il communique une coloration uniformément verdâtre très pâle, la décoloration complète ne se produisant qu'après un séjour plus ou moins prolongé dans le réactif.

2° J'ai vu aussi assez souvent se former, en présence de l'alcool absolu, dans les cellules à suc clair, à l'exclusion des autres, une sorte de précipité granuleux ou vésiculeux, très abondant, qui les obscurcit sensiblement, mais se dissout ensuite instantanément dans l'eau.

3° L'alcool à 90° ou 95° contracte de suite très énergiquement l'utricule primordial des cellules granuleuses, tandis que, chez les autres, cette contraction est plus lente à se produire, toujours moins accusée, parfois même à peu près nulle. Même remarque lorsque les coupes sont traitées par l'eau glycérinée, le bleu d'aniline, le vert de méthyle, l'iodo-iodure de zinc ou le brun Bismarck.

4° Le bleu violet d'aniline (1) et le bleu de méthylène, en solutions aqueuses convenablement diluées, sont sans action, aussi bien sur le contenu que sur les parois des cellules à suc clair, tandis qu'ils impressionnent plus ou moins vivement la plupart des éléments figurés des cellules de la première catégorie, parfois même aussi leur suc cellulaire, très rarement leurs parois cellulosiques (2).

Ce caractère différentiel s'accuse avec plus de netteté encore, si les coupes, préalablement traitées par le colorant bleu, sont ensuite mises au contact du réactif iodo-ioduré, d'où ressort une double coloration, exclusivement bleue pour

(1) On trouve dans le commerce, deux sortes de bleu d'aniline, l'une d'un ton verdâtre, l'autre tirant sur le violet. C'est de cette dernière sorte qu'il convient de se servir pour obtenir dans de bonnes conditions la réaction différentielle des deux sortes de cellules. La réation du bleu vert est beaucoup moins nette. Elle se rapproche de celles qu'on obtient, comme on le verra à l'instant, avec la solution aqueuse des autres couleurs d'aniline.

(2) Par exception, chez le Myrsine d'Afrique, le bleu d'aniline colore indifféremment les parois des deux sortes de cellules et le noyau seulement des cellules à plasma granuleux.

les cellules granuleuses, jaune ou brune pour les autres.

On peut substituer au bleu violet d'aniline et au bleu de méthylène, les solutions également aqueuses, très étendues, de rouge, de violet, de bleu vert d'aniline, d'éosine ou de violet de gentiane, mais avec des résultats beaucoup moins nets, par suite de la propriété que possèdent ces divers colorants d'agir aussi d'ordinaire, quoique moins énergiquement, sur le contenu des cellules à suc clair.

Il serait assurément téméraire d'exagérer la portée de cette action élective des réactifs colorants sur les deux sortes de cellules. Ne pourrait-on pas, cependant, en tirer, à titre d'hypothèse, quelques conclusions sur la constitution intime de leur utricule primordial, qui nous apparaîtrait ainsi comme étant de nature tout au moins partiellement protéique chez les cellules granuleuses adultes, protoplasmique chez les cellules à suc clair?

Enfin, en ce qui concerne l'ensemble des observations consignées sous les quatre numéros précédents, il est bien entendu qu'elles s'appliquent uniquement aux cellules vivantes des tissus parenchymateux, les seules dont nous ayons à nous occuper ici. — C'est ainsi que les cellules épidermiques mortifiées, de même que les cellules subéreuses, se colorent toutes indifféremment en présence des réactifs bleus. Il en est de même du suc épaissi de la plupart des cellules à cristaux (exception pour le Laurier-Rose).

Après avoir fait connaître le résultat de nos observations sur l'ensemble des phénomènes amylo-chlorophylliens pendant la période de formation, nous nous proposons d'en étudier maintenant les manifestations ultérieures dans l'ordre des temps, suivant le programme de notre avant-propos.

Pour faciliter cette étude, et dans le seul but d'éviter la répétition fréquente de qualifications complexes ou de périphrases qui allongeraient péniblement l'exposé des faits, je me vois forcé, malgré ma répugnance à surcharger de mots

nouveaux le vocabulaire déjà si compliqué du langage botanique, de proposer l'emploi d'une terminologie spéciale pour la désignation des deux sortes de cellules dont nous venons d'analyser les caractères différentiels, et des deux sortes de chloroplastides qui s'y trouvent réciproquement localisés.

Nous donnerons le nom de *cyanocystes* aux cellules de la première catégorie, à contenu colorable par les solutions aqueuses du bleu de méthylène et du bleu violet d'aniline, et nous appellerons *achroocystes* les cellules de la seconde catégorie, à contenu non colorable par les mêmes réactifs.

Quant aux plastides chlorophylliens, considérés dans leur ensemble, ce seront pour nous des *chlorites*, et j'en distinguerai de deux sortes : 1° ceux des cellules de la première catégorie (cyanocystes) qui se dégagent généralement de bonne heure de la couche protoplasmique où ils ont pris naissance, ce qui nous autorise à proposer pour eux le nom de *gymnochlorites*; 2° ceux des cellules de la seconde catégorie (achroocystes) qui restent, au contraire, indéfiniment engagés à l'intérieur de cette même couche, et seront conséquemment pour nous des *endochlorites*.

Cela bien convenu, avant d'aborder l'étude des phénomènes amylo-chlorophylliens pendant l'été et l'automne, ce à quoi sera consacrée la deuxième partie de notre mémoire, il nous reste à nous demander, ainsi qu'il a été annoncé plus haut, quelle peut être l'origine des granules ou corpuscules protéiques constamment rencontrés à l'extrémité du cône végétatif, et dont proviennent, suivant nous, tous les plastides chlorophylliens ou autres de la jeune tige.

Et d'abord, nous ne saurions y voir de simples granules amylacés, nés directement dans le protoplasme et qui se trouveraient dans un état de formation trop peu avancé pour se laisser impressionner par les réactifs de l'amidon. Nous avons montré, en effet, que ces granules présentent tous, au

début, la plupart des réactions caractéristiques des substances protéiques, notamment en présence de l'acide acétique qui les neutralise ou les détruit, et de la potasse qui les fait complètement disparaître.

Il ne saurait donc être question ici de l'évolution progressive d'une seule et même substance, mais bien de la transformation pour partie d'une substance en une autre, transformation qui s'opère, d'ailleurs, graduellement, comme on peut s'en assurer par l'observation des états successifs des organites considérés.

Nous ferons remarquer, d'autre part : 1° que les granules se montrent, au début, et continuent de se montrer assez longtemps après, en rapport constant avec les éléments protoplasmiques de la cellule, sans indice de l'intervention antérieure d'aucune autre sorte de substance de nature amylacée ou protéique ; 2° qu'ils ne se mettent visiblement en état de division qu'après avoir atteint un certain volume, comme M. Van Tieghem le reconnaît des leucites en général (1), et s'être plus ou moins imprégnés de pigment vert, ce qui exclut également toute idée qu'ils puissent provenir de la division de corpuscules préexistants ; 3° enfin, que nous verrons se différencier absolument de la même manière et sans doute possible, au cours de l'été, un certain nombre de plastides amylo-chlorophylliens ou simplement amylogènes, localisés, il est vrai, dans cette sorte de cellules que nous désignons sous le nom de cyanocystes.

De l'ensemble de ces observations semble résulter pour nous, à quelque époque qu'ils apparaissent, l'impossibilité de reconnaître aux granules ou corpuscules en question, aucun rapport génétique ou d'homologie, soit avec les plastides indéfiniment divisibles de M. Schimper, soit avec les corpuscules de formation régressive, pour lesquels M. Belzung avait d'abord proposé le nom d'*amylites*.

J'inclinerais plutôt à croire qu'ils proviennent, tantôt de

(1) Van Tieghem, *Traité de Botanique*, 2e édit., p. 501.

l'évolution différentielle de granulations protoplasmiques préexistantes (gymnochlorites), tantôt, peut-être, de la différenciation actuelle et directe de particules spécialisées du protoplasme fondamental (endochlorites), toutes formations, du reste, auxquelles, dans l'un comme dans l'autre cas, il nous semble difficile de ne pas reconnaître une certaine analogie avec les granulations différenciées de M. Eberdt. On me permettra de faire remarquer, en terminant, que cette façon de voir ne paraît pas non plus s'éloigner beaucoup du système qu'exposait M. Belzung lui-même, lorsque, étudiant, en 1885, le développement de l'amidon dans le méristème terminal de la jeune racine du Lupin blanc, il y constatait la différenciation, au sein d'un protoplasme granuleux, jauni par l'iode, de certains granules, plus gros, bientôt transformés en leucites amylogènes (1).

M. Belzung ajoutait qu'il devait en être de même des chloroplastides de la tige (2), et, deux ans plus tard, il reconnaissait encore que, dans certains cas, il pouvait se faire que la matière amylacée imprégnât directement « les granulations albuminoïdes pour former les granules d'amidon » (3).

Il est vrai que, depuis lors, les opinions de M. Belzung à cet égard paraissent s'être sensiblement modifiées.

(1) Belzung, *Note sur le développement de l'amidon dans les plantules germant à l'obscurité* (Bull. Soc. bot. de Fr., 1885, p. 375).

(2) *Ibid.*, p. 377.

(3) *Op. cit.*, *Annales*, 7e série, t. V, p. 180, 198, 294.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTÉ ET AUTOMNE

CHAPITRE PREMIER

ENDO ET GYMNOCHLORITES

Nous avons constaté précédemment que l'amidon primordial, essentiellement transitoire, disparaît assez promptement de toutes les parties de la tige, à l'exception de l'endoderme où il persiste d'ordinaire en plus ou moins grande quantité pendant toute la période de régression temporaire. Nous savons, en outre, que cette substance se résorbe communément plus tôt dans les cellules à endochlorites, — ou achroocystes, — que dans les autres.

Une fois l'amidon résorbé, les chlorites achèvent de verdir et continuent encore de grossir, — un tiers environ en diamètre, comme il a été dit plus haut, — avant de passer à l'état adulte.

Vient alors le moment qu'il faut se hâter de saisir si l'on veut aborder utilement l'étude de la structure propre de ces organites et de leur morphologie comparée. Ils ne tarderont pas, en effet, à se charger de nouveau de grains d'amidon qui en modifieront sensiblement les allures et y laisseront, après la période de résorption automnale, des traces indélébiles de leur passage.

Nous commencerons cette étude par l'examen des caractères propres et différentiels de cette classe de chloroplastides que nous désignons sous le nom d'endochlorites.

I. — ENDOCHLORITES.

De structure en apparence homogène le plus souvent, manifestement granuleuse, — par réticulation, — chez certaines espèces (Petit-Houx, Aucuba, Fusain du Japon, etc.), les endochlorites, indéfiniment inclus dans la couche du plasma pariétal, affectent, en général, lorsqu'ils sont arrivés à l'état adulte, et avant toute apparition de l'amidon d'été, la forme d'une lentille à contours généralement bien réguliers, et étroitement appliquée par l'une de ses faces contre la paroi des cellules.

Ils sont, en général, doués d'une plus forte réfringence que les gymnochlorites, et peuvent d'ailleurs, comme eux, former simultanément ou successivement de l'huile (1) ou de l'amidon, n'en différant à ce dernier point de vue, comme nous le montrerons plus loin, que par la façon dont les granules d'amidon s'y forment et s'y résorbent tour à tour.

Les endochlorites ne se gonflent pas ou se gonflent à peine dans l'eau, au contraire de certains gymnochlorites que nous trouverons plus tard plus ou moins répandus dans les cyanocystes d'un assez grand nombre d'espèces.

Par contre, ils paraissent beaucoup mieux doués que les gymnochlorites en général, de certaines propriétés élastiques qui n'attendent, pour se manifester, que le temps où les chlorites des deux sortes commencent à fabriquer leur amidon d'été.

On voit, en effet, beaucoup d'endochlorites distendre alors leur couche périphérique pour se prêter à la croissance

(1) Dans certaines plantes les corps chlorophylliens contiennent des gouttelettes de matière grasse qui peuvent y être seules ou coexister avec l'amidon (Baillon, *Dict. de Bot.*, t. II, p. 14), et qui, d'après Sachs (Lanessan, *La Botanique*, p. 264), proviendraient de la transformation de l'amidon naissant en huile. — Nous avons trouvé, au début de l'hiver, de nombreux exemples de la dégénérescence huileuse directe et immédiate de grains d'amidon adultes.

des granules amylacés formés dans leur intimité aux dépens de leur propre substance, d'où résulte parfois une disproportion sensible entre les dimensions initiales des plastides formateurs adultes, et celles qu'ils acquièrent finalement sous la poussée de l'amidon. Cette disproportion est surtout très accusée chez les endochlorites à grains d'amidon multiples ou composés, le complexe amylo-chlorophyllien se présentant volontiers alors sous forme d'une masse verdâtre, mamelonnée ou mûriforme, souvent assez volumineuse (Aucuba, Arbre de Judée, Charme, Fusain d'Europe, Laurier-Rose, Pêcher, Figuier, Lilas, Obier, etc., etc). (1)

Quel que soit d'ailleurs le maximum de croissance des granules d'amidon inclus, ils n'en restent pas moins le plus souvent entourés d'une couche plus ou moins mince, souvent peu visible, de substance albuminoïde.

Nous nous sommes précédemment expliqué sur la persistance de cette mince enveloppe autour des grains d'amidon formés dans les très jeunes plastides de la tige (amidon primordial). — (Voir plus haut, page 337). Le phénomène étant le même chez les endochlorites adultes en général, à toutes les phases ultérieures de production amylacée, nous n'avons pas à y revenir ici.

Il peut se faire cependant que la mince pellicule vienne à se rompre sous la poussée d'un grain d'amidon apparu immédiatement au-dessous de la surface du plastide, et qui, par suite de cette rupture, fait librement saillie au dehors (2), ou même que la pellicule finisse par se résorber entièrement, laissant ainsi à nu son enclave ou ses enclaves amylacées, ce qui se produit fréquemment dans la moelle, plus rarement dans les couches corticales internes de certaines espèces.

Pendant tout l'été, les chlorites des deux sortes conser-

(1) E. Mer, *La glycogenèse dans le règne végétal*, 3e partie (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1875, p. 149).

(2) Schimper, *Recherches sur l'accroissement des grains d'amidon* (Ann. Sc. nat. Bot., 6e série, t. XI, p. 256, et pl. X, fig. 1).

vent ou renouvellent incessamment leur amidon, sans altération essentielle de leurs caractères propres, bien qu'il devienne parfois difficile, au moment de la plus forte production amylacée, de les distinguer les uns des autres.

En automne, l'amidon estival venant à se résorber, les couches périphériques distendues se rabattent sur la masse centrale reconstituée de l'endochlorite, lequel apparaît alors toujours un peu diminué de son premier volume, — phénomène sur lequel nous reviendrons par la suite, — et souvent plus ou moins déformé, ce qui ne l'empêchera pas, au printemps prochain, de se remettre à fabriquer de l'amidon.

Rien de plus à dire des endochlorites. Nous passons à l'étude morphologique plus compliquée des gymnochlorites.

II. — Gymnochlorites.

Les gymnochlorites ou chlorites propres des cellules granuleuses (cyanocystes), sont loin de présenter cette remarquable uniformité de caractères dont nous venons de signaler la constance dans la grande généralité des endochlorites. Ils diffèrent de ces derniers et peuvent différer plus ou moins sensiblement entre eux, par certains détails de forme et de structure qui en déterminent les valeurs morphologiques respectives, et aussi par certaines propriétés physiques, telles que : élasticité moindre que celle des endochlorites sous la poussée de l'amidon, et aptitude très variable, chez beaucoup d'entre eux, à se gonfler dans l'eau.

I. Forme et structure. — A ce premier point de vue, les gymnochlorites des espèces ligneuses que j'ai plus spécialement étudiées, peuvent se répartir en quatre grandes catégories :

A. — Grains affectant une forme généralement lenticulaire, assez approchante de celle des endochlorites, mais généralement plus aplatis, à contours moins réguliers et de plus faible réfringence.

Coloration d'intensité variable, tantôt d'un vert clair (Charme, Noyer, Orme, Myrsine d'Afrique, Arbre de Judée, Chêne pédonculé, Sycomore, Groseillier, Cassis, Faux-Ébénier), tantôt d'une teinte plus sombre, les grains se marquant volontiers alors de stries, de fissures ou de petites plaques à reflet métallique (Épine-Vinette, Buis, Vigne-Vierge, Frêne, Lilas, Fustet, Vigne, Laurier-Tin, Poirier, Pommier, Rosier, Obier, Mûrier de Kaempfer, Tilleul).

Les gymnochlorites de cette sorte peuvent se rencontrer seuls dans telle ou telle espèce considérée, mais on les trouve souvent aussi associés, chez certaines espèces, à des chlorites de même nom se rattachant par certains caractères à l'une ou l'autre des catégories suivantes.

B. — Grains de constitution très analogue à celle des précédents, mais de formes irrégulières très variées et paraissant provenir, comme il a été dit plus haut, de l'évolution incomplète de certains plastides arrêtés dans leur croissance, lors de la résorption de l'amidon primordial. C'est ainsi qu'ils se montrent, tantôt creusés en anneau, tantôt courbés en faux, en croissant, en fer à cheval, en cornue, tantôt contractés en fuseau, et alors, soit isolés, soit accouplés en forme de navette ou de grain de blé, ou figurant enfin un V, lorsqu'ils ne se soudent ensemble que par l'une de leurs extrémités.

Ces sortes de grains ne se trouvent jamais seuls dans les cyanocystes d'une même espèce, mais toujours associés, dans les mêmes cellules ou dans des cellules distinctes, à des gymnochlorites de quelque autre série.

Les seules espèces où j'aie pu constater la présence constante de ces sortes d'organites, pour lesquels je proposerais volontiers le nom de grains-paillettes, sont les suivantes : Houx, Lierre, Laurier-Cerise, Vigne-Vierge, Noisetier, Sycomore, Orme, Poirier, Mahonia, Épine-Vinette, Vigne et Seringa.

C. — Grains généralement lenticulaires, finement ponctués, ce qui y décèle plus nettement que dans les variétés pré-

cédentes la structure réticulée fondamentale du substratum albuminoïde (Chèvrefeuille, Citronnier, Baguenaudier, Corète du Japon, Sumac glabre, Jasmin, Staphylier, Fusains d'Europe et du Japon, Pêcher, Alaterne, Marronnier, Laurier-Rose, Mahonia, Noisetier, Seringa), ou de structure plus lâche encore, se rapprochant de celle des grains de la série *D* (Houx, Lierre, Laurier-Cerise), — tous à peu près du même type ou associés à des grains-paillettes, chez ces trois dernières espèces, de même que chez le Mahonia, le Seringa et le Noisetier, — ou enfin, très généralement fusiformes (Gui), ou anguleux (Acacia).

D. — La structure réticulée ou spongieuse du corps chlorophyllien, assez facile déjà à reconnaître chez les gymnochlorites de la série précédente, acquiert plus de netteté encore chez ceux de l'Aristoloche, du Petit-Houx, du Genêt d'Espagne, de l'Aucuba, du Sureau et du Figuier.

Les détails en deviennent surtout facilement perceptibles lorsqu'on vient à examiner ces derniers organites sortis de la cellule et répandus dans l'eau de la préparation. Ils se présentent alors sous forme de masses sphériques, d'aspect spongieux, avec intercalation, dans les mailles du réticulum, de fines particules huileuses ou protéiques, celles-ci parfois même déjà amylacées, le tout plus ou moins pigmenté de vert, ce qui communique à l'ensemble du plastide sa coloration particulière. La solution aqueuse du bleu d'aniline colore assez vivement les particules de nature protéique; l'éther dissout les gouttelettes d'huile. Enfin, le réactif iodo-ioduré met très bien en évidence le réticulum et la membrane hyaline, très délicate, qui en délimite le contour.

On peut employer aussi l'essence de térébenthine, qui contracte légèrement les plastides et les réduit souvent même à l'état squelettique.

Outre les corps spongieux simples dont il vient d'être question, on trouve assez fréquemment, chez trois des espèces citées plus haut (Petit-Houx, Aucuba, Genêt d'Espagne), des gymnochlorites composés, c'est-à-dire formés de deux ou

trois grains simples soudés en une masse unique, de même structure spongieuse que ceux-ci, et se comportant de la même façon dans l'eau ou en présence des réactifs.

Enfin, il m'est parfois arrivé de rencontrer, chez le Figuier, l'Aucuba, le Genêt d'Espagne et le Sureau, de même que chez le Sumac glabre et l'Épine-Vinette, des sphères hyalines, à contours nets et réguliers, mais sans réticulum bien accusé, à l'intérieur ou contre les parois desquelles apparaissent un ou plusieurs corpuscules, généralement chlorophylliens, de grosseurs variées.

Je serais assez tenté de considérer ces sortes de formations comme le squelette de gymnochlorites spongieux incomplètement évolués, ou peut-être parvenus prématurément à un état assez avancé de dégradation.

II. Diffusibilité. — Je donne ce nom, faute de mieux et quoiqu'il ne soit pas toujours d'une rigoureuse exactitude, à la propriété dont sont doués les gymnochlorites d'un grand nombre d'espèces, de se gonfler plus ou moins en présence de l'eau, de manière à se réduire à un état de diffluence plus ou moins accusée, ou même de diffusion, tout au moins apparente, dans la cavité cellulaire.

Quoique bien connues dans leur ensemble, il ne sera pas, croyons-nous, inutile d'entrer ici dans quelques détails sur les manifestations diverses de ce phénomène, et sur les procédés techniques les plus propres à le mettre en évidence.

Série A. — Considérés à ce point de vue, les gymnochlorites de la série *A*, par lesquels nous commençons cette étude, peuvent se diviser en deux catégories :

1° Gymnochlorites peu sensibles ou même absolument insensibles à l'action de l'eau, et qu'on peut, à ce titre, qualifier de grains stables (Charme, Noyer, Orme, Chêne pédonculé, Laurier-Tin, Myrsine d'Afrique, Arbre de Judée, Pommier, Poirier, Obier, Rosier, Mûrier de Kaempfer).

2° Grains tous plus ou moins diffusibles dans l'eau (Épine-Vinette, Buis, Frêne, Lilas, Cassis, Groseillier, Vigne-Vierge, Vigne) ; — ou ordinairement associés, en propor-

tions variables, à quelques grains stables (Sycomore, Fustet, Tilleul, Faux-Ébénier).

Examinant la façon dont les gymnochlorites diffusibles de cette seconde catégorie se comportent en présence de l'eau, nous constaterons, tout d'abord, que c'est seulement à partir du moment où ils commencent à fabriquer leur amidon d'été qu'on voit se manifester en eux les premiers indices de leurs propriétés diffusives. Prenons pour exemple ceux du Faux-Ébénier, chez qui la proportion des gymnochlorites stables est trop faible pour qu'il y ait lieu d'en tenir compte.

Mis en présence de l'eau, dans le temps qui s'écoule entre la régression de l'amidon primordial et la formation de l'amidon d'été, les gymnochlorites du Faux-Ébénier se gonflent à peine, ce qui n'empêche pas de les distinguer assez aisément des endochlorites, d'après leurs caractères morphologiques et l'allure spéciale des cellules où ils sont localisés.

Attendons, au contraire, que l'amidon d'été ait envahi tous les tissus assimilateurs de la tige, et mettons en observation deux coupes, l'une placée dans l'eau, l'autre dans l'alcool à 70°; nous reconnaîtrons ainsi :

1° Que, dans la coupe traitée par l'alcool, les chlorites apparaissent tous à peu près sous le même aspect, très nettement individualisés, enfermant, sous une couche albuminoïde plus ou moins mince, les granules amylacés auxquels ils viennent de donner naissance;

2° Que, sous l'action de l'eau, il se produit, au contraire, une différenciation immédiate entre les deux sortes de chlorites.

Tandis que certains d'entre eux (endochlorites) restent parfaitement distincts, sans grandes modifications de forme ou de grosseur, dans la couche de plasma pariétal où ils sont inclus, on voit la plupart des autres (gymnochlorites non stables) se répandre aussitôt dans la cavité cellulaire sous forme d'un nuage verdâtre, très finement granuleux, et parsemé des grains d'amidon auxquels ils avaient

donné naissance et qui se trouvent ainsi mis en liberté.

C'est probablement sur l'examen de coupes ainsi observées dans l'eau, que s'est accréditée l'opinion, généralement admise, que les grains d'amidon accumulés en trop grand nombre dans l'intérieur des chlorites en général, se dégagent d'eux-mêmes de leur plastide formateur pour se répandre dans la cavité cellulaire, sans qu'il soit besoin pour cela de l'intervention d'aucune force extérieure.

Qu'il puisse en être ainsi dans certains cas, je suis loin de le nier. Nous avons vu précédemment (page 363), d'après M. Schimper, les granules d'amidon faire parfois saillie à la périphérie de certains chloroplastides, et nous savons, en outre, qu'ils peuvent même, dans certaines régions caulinaires, se dégager entièrement de leur enveloppe albuminoïde. Il me paraît néanmoins, d'après l'observation de nombreuses coupes traitées parallèlement, comme il vient d'être dit, par l'eau et l'alcool, qu'en réalité, les grains d'amidon formés dans les plastides chlorophylliens, à quelque catégorie que ceux-ci appartiennent, — endochlorites ou gymnochlorites, — y restent assez ordinairement inclus jusqu'au moment de leur résorption, et ne peuvent guère s'en dégager que sous l'action de l'eau.

Ce qui a pu donner créance à l'opinion contraire, c'est ce fait que, pendant toute la période de végétation active, on trouve très fréquemment, associés aux gymnochlorites, dans les cellules où ils se localisent, de petits grains d'amidon incolores ou plus ou moins teintés de vert, dont il semble assez naturel, au premier abord, de chercher l'origine dans certains plastides préexistants d'où ils auraient été expulsés, tandis que nous croyons y voir le produit incessant d'un phénomène de *formation libre*, sur lequel nous aurons à nous expliquer par la suite.

Que si maintenant, complétant l'étude des propriétés diffusives de certains chloroplastides, et pour achever la démonstration, au lieu d'employer simplement l'eau distillée, nous venons à traiter les coupes par la solution aqueuse du

bleu violet d'aniline, nous reconnaîtrons sans peine que l'eau n'a eu d'effet que sur les seuls gymnochlorites, puisque les cellules où se produit la diffusion sont les seules aussi dont le contenu s'est laissé impressionner par le réactif (cyanocystes).

Mêmes conclusions à tirer des observations suivantes :

1° Je traite par la solution aqueuse de violet de gentiane une coupe préalablement passée par l'alcool absolu. Les chlorites des deux sortes, fixés et légèrement contractés par l'alcool, se colorent tous de même, sans aucune modification bien sensible de forme.

2° Que si la coupe a d'abord été mise au contact de l'eau, le violet de gentiane, après traitement par l'alcool, n'aura plus d'action que sur les endochlorites, par suite de l'état de diffusion auquel l'eau a réduit tout le contenu chlorophyllien des cyanocystes.

Les phénomènes de diffusibilité dont nous venons d'étudier les effets, continuent de se produire de diverses façons, en hiver, après la disparition totale ou partielle de l'amidon, pour aboutir, au printemps, chez beaucoup d'espèces, à une nouvelle phase de stabilité relative. Nous reviendrons en temps opportun sur la suite de ces phénomènes.

Passant maintenant à l'étude des gymnochlorites *stables* de la série *A*, n° 1, et n° 2 *pro parte*, nous reconnaîtrons aisément, par les mêmes procédés, qu'en effet, non seulement ces sortes de chlorites ne se gonflent pas sensiblement dans l'eau après la résorption de l'amidon primordial, — caractère qui leur est commun avec les gymnochlorites à diffusion tardive de la même série, — mais, qu'au contraire de ces derniers, ils continuent de se montrer plus ou moins réfractaires à son action, au moment même de la plus forte production amylacée.

Parvenus à cette phase de leur évolution, l'eau les décolore un peu, mais sans en pénétrer la substance, comme on peut s'en rendre compte par ce fait que leurs granules d'amidon continuent, en présence des réactifs aqueux, d'adhérer entre

eux dans chaque chlorite, sans se désagréger pour se répandre, comme ceux des chlorites diffusibles, avec les granulations chlorophylliennes elles-mêmes, dans la cavité cellulaire.

Série B. — Les gymnochlorites de la série *B*, ou grains-paillettes, nous ont paru se comporter de la même façon que les gymnochlorites diffusibles de la série précédente, c'est-à-dire que, peu sensibles à l'action de l'eau, dans les premiers temps de leur évolution, ils ne commencent à s'en laisser pénétrer qu'à partir de l'apparition de l'amidon d'été. Par la suite, une fois cet amidon résorbé, et comme conséquence probablement du travail d'élimination de cette substance, il devient d'ordinaire très difficile de les distinguer de certains corps chlorophylliens très dégradés, qu'on rencontre en tous temps, sous forme de corpuscules granuleux verts, mal définis, associés, en proportions variables, aux gymnochlorites d'un assez grand nombre d'espèces (Acacia, Sycomore, Arbre de Judée, Frêne, Fusain d'Europe, Lilas, Poirier, Staphylier, Obier, etc.).

Quelle qu'en puisse être l'origine, ces derniers organites se rapprochent sensiblement des simples granulations vertes, dernier terme de la dégradation chlorophyllienne, qu'on rencontre, sans mélange d'aucune sorte de véritables chloroplastides, dans quelques rares cellules de certaines espèces, parmi lesquelles je citerai : le Sycomore, l'Arbre de Judée, le Faux-Ébénier, le Figuier, le Frêne, les Fusains d'Europe et du Japon, le Houx, le Laurier-Cerise, le Corète du Japon, le Pommier et le Sureau.

Ces sortes de cellules rentrent, comme les précédentes, dans la catégorie des cyanocystes, dont elles présentent toutes les réactions, et leur différenciation s'accuse le plus souvent d'assez bonne heure pour qu'il soit impossible de considérer leur façon d'être comme un simple phénomène consécutif de la désagrégation de certains gymnochlorites préexistants.

Série C. — On vient de voir que les propriétés diffusives

dont sont doués les gymnochlorites des séries *A* n° 2, *pro parte*, et *B*, ne se manifestent d'une façon sensible qu'à partir du moment où ces mêmes organites se mettent à fabriquer leur amidon d'été.

C'est, au contraire, de très bonne heure, presque au sortir du stade de formation, que l'eau commence à agir plus ou moins énergiquement sur la plupart des gymnochlorites à structure granulée de la série *C*, les gonflant souvent assez pour mettre en confluence des grains normalement assez espacés les uns des autres. La diffusion complète est plus rare. — Mélange assez fréquent de grains plus ou moins stables chez certaines espèces : Fusain du Japon, Laurier-Rose, Laurier-Cerise, Marronnier, Pêcher, Alaterne, Houx, Lierre, Noisetier, etc.

Série D. — Phénomènes analogues ou plus accusés encore, au point de vue de la confluence, chez les gymnochlorites plus franchement spongieux de la série *D*. Il est assez aisé d'en suivre les différentes phases chez le Figuier, par exemple, dont les gymnochlorites, observés dans les très jeunes entre-nœuds encore en voie de croissance, se dilatent sensiblement dès qu'ils viennent au contact de l'eau, tandis que les enclaves protéiques ou huileuses de leur squelette réticulé se répandent autour d'eux en façon d'auréole, et que leur mince pellicule d'enveloppe s'estompe à tel point qu'elle demeure indistincte sans l'emploi des réactifs appropriés (notamment iodo-iodure de potassium).

Dans la tige adulte, on voit constamment les gymnochlorites des deux mêmes séries, chargés ou non d'amidon, continuer de se gonfler, pour la plupart, en présence de l'eau, de manière à se mettre dans un état plus ou moins accusé de diffluence individuelle et de confluence réciproque, tournant parfois, surtout en hiver (série *C*), à un état de plus complète diffusibilité.

Si nos observations sont exactes, il résulterait donc de ce qui précède, qu'au point de vue des phénomènes de la diffusibilité, les gymnochlorites, pris dans leur généralité,

peuvent être répartis en trois catégories principales, avec nuances intermédiaires : grains stables (série *A* n° 1, et n° 2, *pro parte*); grains diffusibles (série *A* n° 2 *pro parte*, et série *B*); grains diffluents passant parfois au type diffusible (séries *C* et *D*).

Dès l'année 1855 (1), H. Mohl, étudiant la structure des grains de chlorophylle, en avait reconnu de deux sortes, bien tranchées dans leurs formes extrêmes, mais passant l'une dans l'autre par de nombreux intermédiaires, les uns globuleux ou aplatis, sensibles à l'action de l'eau qui agit sur eux très rapidement, en les gonflant, disait-il, en vésicules et rendant leurs granules intérieurs plus visibles (2), les autres, souvent plus gros que les précédents, remplis d'amidon, et sur lesquels l'eau n'a d'autre action que de rendre plus transparent le contour de leur fécule.

Dans un travail de date plus récente sur la constitution des chromatophores (3), M. Hans Bredow, suivant d'ailleurs, en cela, l'opinion de MM. Pringsheim (4) et Tschirch, reconnaît que les grains de chlorophylle sont formés d'un réseau spongieux, et fait remarquer, en outre, relativement à leur force de résistance à l'eau, que les uns sont rapidement détruits dans ce liquide et amenés à l'état vacuolaire, tandis que les autres, au contraire, résistent même à l'action de réactifs énergiques.

Il ne paraît pas que, ni H. Mohl, ni M. Bredow, aient soupçonné qu'on pût reconnaître quelque règle d'ensemble sur le mode de répartition ou de localisation dans les

(1) *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1855, R. B., p. 118. — Voy. aussi Duchartre, *Élém. de Bot.*, 3e édit., p. 125.

(2) C'est évidemment à cette sorte de chlorophylle que s'applique la définition trop généralisée de M. de Lanessan, reconnaissant à l'ensemble de ces organites la propriété de se creuser, en présence de l'eau, de vacuoles qui se gonflent en forme de vésicules hyalines, et continuent de rester entourées de protoplasma imbibé de pigment vert (Baillon, *Dict. de Bot.*, t. II, p. 14).

(3) *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1891, R. B., p. 50.

(4) Pringsheim, *Recherches sur la chlorophylle* (Rev. intern. des Sc. biol., 15 octobre 1882, p. 290).

tissus végétaux, de ces deux sortes de grains de chlorophylle. Or, je crois avoir fait faire un pas à l'étude circonstanciée de ces organites, en montrant à mon tour :

1° Que les chlorites stables ou très peu sensibles à l'action de l'eau, peuvent se rencontrer indifféremment dans les achroocystes ou cellules à suc clair, qui n'en contiennent jamais d'autres (endochlorites), et aussi dans les cellules granuleuses ou cyanocystes de certaines espèces seulement (gymnochlorites *pro parte*) ;

2° Qu'il y a lieu conséquemment de distinguer deux sortes de gymnochlorites, selon qu'ils se comportent dans l'eau comme les endochlorites toujours stablés, ou qu'ils se montrent, au contraire, réductibles par l'eau à l'état vésiculeux, ou diffusibles ;

3° Que les propriétés diffusives de ces derniers organites peuvent varier d'intensité chez les diverses espèces, et, de plus, ne pas se montrer toujours identiques à elles-mêmes, chez une espèce donnée, aux diverses phases de l'évolution végétative ;

4° Que c'est chez les espèces à diffluence constante des séries *C* et *D* que la structure réticulo-spongieuse des grains de chlorophylle en général s'accuse avec le plus de netteté ;

5° Que l'amidon, contrairement à ce que semble avancer H. Mohl, peut se former aussi bien dans ceux de ces grains que l'eau réduit à l'état vésiculeux que dans les autres.

Avant de quitter l'étude des gymnochlorites, nous croyons devoir rappeler ce qui a été dit précédemment, touchant le peu d'élasticité de ces sortes d'organites, et leur indépendance finale par rapport à la couche de plasma pariétal ou nucléaire où ils ont pris naissance, double circonstance d'où résulte : 1° que leurs granules amylacés restent généralement plus petits que ceux des endochlorites ; 2° qu'ils se montrent plus susceptibles que ceux-ci de variations dans leurs différents modes de répartition à l'intérieur de la cavité cellulaire.

Espèces a suber interne. — Les phénomènes de l'évo-

lution amylo-chlorophyllienne se présentent, chez les espèces à suber interne (Berberis, Mahonia, Chèvrefeuille, Baguenaudier, Seringa, Vigne, Cassis, Groseillier), dans des conditions spéciales qui nous imposent l'obligation de les étudier séparément : 1° dans l'écorce primaire; 2° dans les régions immédiatement subordonnées au suber : péricycle, phelloderme, rayons libériens.

1° *Écorce primaire.* — Nous n'avons pas d'observations morphologiques spéciales à présenter sur les endochlorites de l'écorce primaire chez les espèces à suber interne, non plus que sur leurs gymnochlorites en général, lesquels peuvent rentrer indifféremment, suivant les espèces considérées, dans l'une quelconque des trois séries *A*, *B* et *C*, considérées plus haut.

Il n'y a pas lieu d'insister à cet égard. C'est à un autre point de vue que l'étude de la chlorophylle doit nous intéresser ici.

On verra plus loin quel est le rôle très effacé de l'amidon dans l'écorce primaire de la plupart des espèces à suber interne, c'est-à-dire dans une région dont la chlorophylle, par suite de la prompte mortification de cette écorce, s'éteint de très bonne heure, le plus souvent sans y pouvoir passer par une seconde phase de production amylacée.

Cette résorption de la substance chlorophyllienne s'opère ici dans des conditions d'observation tellement favorables à l'étude du phénomène, que nous croyons devoir nous en occuper un instant.

Chez le Chèvrefeuille, aussitôt l'amidon résorbé, on voit les deux sortes de chlorites pâlir peu à peu et s'effacer lentement, en laissant contre les parois des cellules une empreinte granuleuse qui persiste, assez visible, jusqu'à complète mortification de ces dernières.

Chez le Seringa, le Mahonia et l'Épine-Vinette, la dissolution des corpuscules chlorophylliens paraît s'opérer, au contraire, de façon différente, selon qu'elle se produit dans l'une ou dans l'autre des deux sortes de cellules. Il nous a

semblé que leurs gymnochlorites se décolorent peu à peu, comme les chlorites en général du Chèvrefeuille, en laissant également contre les parois un résidu lentement évanescent, tandis que les endochlorites diminuent peu à peu de volume, en s'amassant ordinairement autour du noyau atrophié, et finissent par se résoudre, avant disparition totale, en autant de petits amas granuleux mal définis.

Peut-être serait-il téméraire de catégoriser trop strictement les deux modes de réduction que nous venons d'analyser, selon les diverses espèces où nous les signalons. — Chez le Cassis, nous avons vu les choses se passer tantôt d'une façon, tantôt de l'autre (4 juin 1890).

Un caractère commun aux deux sortes de chlorites est de montrer alors une tendance marquée à se charger de gouttelettes huileuses.

La formation du suber est plus tardive chez la Vigne que chez les espèces précédentes. L'écorce primaire y reste conséquemment plus longtemps vivante, ce qui permet à l'amidon d'y reparaître en été, et de s'y maintenir en plus ou moins grande abondance jusqu'à la fin d'août ou au commencement de septembre. Une fois disparu (septembre — octobre 1892), les chlorites se mettent à pâlir lentement; ils diminuent peu à peu de grosseur en fabriquant de l'huile comme ceux des autres espèces, après quoi ils se groupent en paquets et achèvent de se dissoudre (1).

2° *Régions subordonnées au suber.* — Les plastides amylochlorophylliens sont ordinairement très abondants dans les régions péricycliques ou phellodermiques des espèces à suber interne, se répandant souvent de là jusque dans les rayons libériens. Mais, ici encore, il y a lieu de distinguer entre les endochlorites, lesquels s'y chargent volontiers de gros

(1) A rapprocher de ces observations sur la destruction des grains de chlorophylle dans l'écorce primaire des espèces à suber interne, celles de M. E. Mer, sur *Les phénomènes végétatifs qui précèdent ou accompagnent le dépérissement et la chute des feuilles* (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1876, p. 176 et 177), et celles de M. Haberlandt : *De l'influence du froid sur les grains de chlorophylle* (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1877, R. B., p. 148).

grains d'amidon, comme ceux de ces organites qui se localisent dans l'endoderme des espèces à suber interne, — et les gymnochlorites qui, tout au moins dans les couches profondes des mêmes régions, apparaissent le plus souvent sous forme de petites masses granuleuses, faiblement pigmentées de vert, et fréquemment associées à des plastides amylacés incolores, assez mal définis, ces deux sortes de corpuscules se montrant, d'ailleurs, tantôt stables, tantôt plus ou moins susceptibles de se gonfler ou de se diffuser dans l'eau.

Point de chlorites proprement dits dans le parenchyme des faisceaux libériens, — ce qui est, du reste, assez général, — mais de simples granules protéo-amylacés incolores et le plus souvent très ténus.

On voit par ce qui précède, qu'à partir de l'évolution du liège, chez la plupart des espèces à suber interne, — assez tardivement chez la Vigne, — les régions qui lui sont immédiatement subordonnées se trouvent ainsi substituées, dans leur rôle physiologique, aux couches corticales externes et surtout à l'endoderme, qu'elles suppléaient déjà, pour partie, au temps de la première période de végétation.

Nous réservons pour la suite de ce mémoire quelques observations complémentaires sur l'amidon et la chlorophylle considérés spécialement dans l'endoderme et la moelle, et nous terminons le présent chapitre par une remarque qui s'applique, dans sa généralité, à l'ensemble des plastides caulinaires. Elle est relative au peu d'action de la lumière, au cours de l'été, sur l'orientation de ces mêmes plastides, lesquels, pour la plupart, apparaissent alors, à toute heure, plus ou moins régulièrement répartis, aussi bien contre les parois radiales que contre les parois antéro-postérieures des cellules, sans qu'on y puisse percevoir aucun mouvement bien accusé de translation d'un lieu à un autre, en correspondance avec les changements d'incidence des rayons lumineux (1).

(1) Sur les mouvements provoqués par la lumière chez les chlorites de

CHAPITRE DEUXIÈME

AMIDON ESTIVAL

Je désignerai sous le nom d'amidon estival ou d'été, l'amidon qui se forme dans les jeunes tiges de la plupart des végétaux ligneux, à la fin du printemps ou au commencement de l'été, et s'y maintient en plus ou moins grande abondance jusqu'au moment de sa résorption, totale ou partielle, suivant les espèces, aux approches de l'hiver.

Dans ce nouvel ordre de faits nous aurons à nous demander, dans une première section :

1° A quelle phase de végétation et à quel niveau l'amidon d'été fait généralement son apparition dans la tige pour s'y répandre ensuite en direction verticale ;

2° Quel est l'ordre de progression de ce même amidon en direction horizontale dans les différentes régions caulinaires ;

3° Comment et dans quel ordre les granules d'amidon, considérés individuellement, se forment et se développent dans les plastides adultes, chlorophylliens ou autres.

Une seconde section sera consacrée à l'étude de la résorption : 1° collective ; 2° individuelle de ces mêmes granules.

I. — Formation de l'amidon d'été.

A. Marche progressive verticale et époque de formation de l'amidon d'été. — Rappelons tout d'abord, qu'après une phase, généralement très courte, de production intense dans les très jeunes tissus de la tige en croissance, l'amidon disparaît entièrement de celle-ci, à l'exception de l'assise ou de la région endodermique où il se main-

l'appareil foliaire, voy. Baillon, *Dict. de Bot.*, t. II, p. 5, et *Annales*, 5e série, t. VII, p. 203, et t. XII, p. 802.

tient d'ordinaire en plus ou moins grande abondance, tout au moins chez les espèces à suber externe, pendant toute la période de la régression temporaire.

Je dis : d'ordinaire, parce qu'il peut se faire que l'amidon vienne à disparaître de cette assise elle-même, lorsque la croissance est très vigoureuse, comme j'en ai trouvé des exemples chez le Sureau (4 août 1892), le Fusain d'Europe (7 septembre 1895), le Frêne (20 mai 1897), etc., etc.

Le niveau de résorption de l'amidon primordial n'est pas toujours le même, ce qui peut dépendre, aussi bien de certaines prédispositions spécifiques qu'il serait, d'ailleurs, assez difficile de déterminer, que de variations individuelles dans les conditions de plus ou moins grande activité végétative de la plante. On a montré précédemment qu'il s'établit, en général, à la hauteur des entre-nœuds de plus forte croissance.

Le mot de niveau n'est pas, du reste, ici d'une rigoureuse exactitude, puisqu'il y a lieu de remarquer que la résorption ne s'opère alors, ni simultanément dans toute l'épaisseur de la tige, l'amidon se maintenant plus longtemps d'ordinaire dans les régions périmédullaires et endodermiques, de même qu'il y était apparu tout d'abord en plus grande abondance, — ni indifféremment dans toutes les cellules d'une même région, puisque nous savons déjà que c'est dans les achroocystes que commence généralement à se produire alors le travail d'élimination de la substance amylacée.

La première réserve épuisée, cette même substance est employée directement, pendant quelque temps, sans passer, comme au début, par l'état figuré, à l'élaboration des tissus caulinaires. Après quoi l'amidon reparaît.

De même que pour la résorption de l'amidon primordial, l'époque et le niveau de formation de l'amidon d'été peuvent varier d'une espèce à l'autre, ou bien dépendre, chez les individus de la même espèce, de différences également individuelles dans leurs conditions de végétation.

D'une façon générale on peut considérer : 1° que son

apparition est d'autant plus tardive que l'on a affaire à une pousse plus vigoureuse ; 2° qu'il ne commence à se former que dans les entre-nœuds dont la croissance en longueur est arrêtée ou tout au moins sensiblement ralentie, pour atteindre plus ou moins tôt son maximum de production à partir du moment où le cône végétatif se met lui-même en repos.

C'est donc dans les entre-nœuds inférieurs que l'amidon estival se forme tout d'abord ; il progresse ensuite assez régulièrement en direction basifuge, — plus abondant d'ordinaire à la hauteur des nœuds, (1) — pour venir enfin se confondre, lors de l'arrêt total de croissance, avec l'amidon primordial, lui-même persistant un sommet de l'axe.

Chez le Marronnier d'Inde, espèce à croissance très rapide et promptement arrêtée, l'amidon commençait seulement à paraître, le 25 mai 1894, à la base d'une jeune pousse déjà presque arrivée à son maximum de longueur. Le 9 juin de l'année suivante, j'observe une branche (même espèce) qui a fini de s'allonger, et est en grande partie lignifiée; je la trouve remplie de grains d'amidon en nombre d'autant plus grand, et d'autant plus volumineux, qu'on se rapprochait davantage de la base. Ils s'y maintiennent en progression constante jusque vers le milieu de septembre, époque où les phénomènes de la résorption automnale commençent à se manifester.

Et de même pour chaque espèce, toutes proportions gardées, relativement au temps plus ou moins prolongé de la période normale de croissance.

Il y a pourtant des exceptions. Ainsi, je trouve, à la date du 9 juillet 1895, et j'avais déjà observé deux ans auparavant (17 mai 1893), des branches de Laurier-Rose de consis-

(1) M. Mer constate qu'à l'arrière-saison on trouve plus d'amidon au niveau des nœuds que dans les entre-nœuds et le pétiole, et qu'il s'y accumule d'autant plus volontiers que les bourgeons qui y correspondent sont plus volumineux. — E. Mer, *Des phénomènes végétatifs qui précèdent ou accompagnent le dépérissement et la chute des feuilles* (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1876, p. 187). — Voy. aussi : E. Mer, *De la répartition de l'amidon dans les rameaux des plantes ligneuses* (Bull., 1879, p. XLVIII).

tance encore herbacée et achevant à peine leur évolution, dans lesquelles l'amidon se montrait, au contraire, en égale quantité sur toute la longueur de la pousse, et en grains plus volumineux au sommet qu'à la base.

Suivent quelques indications sur le temps moyen de l'apparition de l'amidon d'été chez les diverses espèces.

De même que chez le Marronnier, je l'ai vu se former communément dès la fin de mai ou le commencement de juin, et se montrer abondant en juillet, dans la tige de l'Obier, du Sureau, du Lilas, du Tilleul et du Fusain d'Europe. Son apparition est un peu plus tardive chez les espèces suivantes où on le trouve presque partout à l'état naissant, du commencement de juin à la fin de juillet : Acacia, Sycomore, Arbre de Judée, Vigne-Vierge, Faux-Ébénier, Frêne, Noisetier, Pêcher, Poirier, Pommier, Sumacs glabre et vénéneux, Fustet, Rosier, Staphylier.

Il se forme plus tard encore chez l'Orme, le Noyer, le Fusain du Japon, le Chêne pédonculé, et surtout chez le Charme, où nous savons que l'amidon primordial fait toujours absolument défaut, et dont la tige, le 30 juillet 1895, ne présentait encore aucune trace de l'amidon d'été, en dehors de la moelle et de l'endoderme.

A la même époque l'amidon est encore cantonné, chez le Mûrier de Kaempfer, dans quelques rares cellules de l'endoderme, et ce n'est que dans le courant d'août ou au commencement de septembre qu'on le voit apparaître, en quantité appréciable, chez certaines espèces : — à feuillage persistant, comme le Buis, le Citronnier, le Chalef à rameaux réfléchis, — — à tiges succulentes comme le Figuier, — ou longtemps vertes et de consistance quasi-herbacée, comme celles de l'Aristoloche, du Jasmin officinal, du Corète du Japon et du Genêt d'Espagne.

Assez abondant, dès la fin de juin, dans la tige de l'Aucuba, l'amidon ne s'y maintient guère, passé le milieu de septembre. Il apparaît tardivement dans celle du Houx, y reste disséminé en très petite quantité pendant une partie

de l'automne, et s'y résorbe assez promptement pour reparaître, beaucoup plus abondant, lors de la rénovation printanière.

Je le trouve de même en quantité infinitésimale, au mois d'août, tantôt dans la moelle, tantôt dans les couches corticales internes des jeunes pousses du Gui, où nous le voyons également se former en plus grande abondance, au cours de la seconde et surtout de la troisième année (septembre 1898).

Enfin, sauf dans les stomates, je n'en ai plus rencontré de traces, une fois l'amidon primordial résorbé, à aucune époque, ni dans aucune partie de la tige, chez le Petit-Houx, la seule Monocotylédone ligneuse de nos régions (1).

C'est donc, en général, aux mois d'août et de septembre que l'amidon estival atteint, chez la plupart des espèces ligneuses, son maximum de production (2). N'étant plus employé, alors, qu'en faible proportion à l'édification des nouveaux tissus, il s'emmagasine en partie dans la tige, comme un aliment de réserve destiné à participer par la suite, non pas directement, ainsi qu'on l'a cru longtemps, au travail de régénération printanière, dont nous aurons plus tard à étudier les effets, mais bien à l'élaboration des diverses substances qui entretiendront la vie latente ou ralentie de la plante, pendant la période du repos hivernal.

Toutes faites sur de jeunes pousses provenant de bourgeons formés sur des branches d'un an, il va sans dire que

(1) On connaît un certain nombre de plantes (Orchis, Laitue, Asphodèle, Ail, Bananier, Strélitzia, etc., etc.), qui ne contiennent pas d'amidon ou ne se mettraient, du moins, à en fabriquer que dans des conditions d'assimilation tout particulièrement énergiques. — Voy. Pringsheim, *Revue internationale des sciences biologiques*, 15 octobre 1882, p. 315 et 316, et Van Tieghem, *Traité de Botanique*, 2e édit., p. 183. — Il serait intéressant de rechercher si, comme chez le Petit-Houx, l'amidon n'apparaît pas, du moins, d'une façon plus ou moins fugitive, dans le cône végétatif des mêmes espèces.

(2) C'est pendant la période comprise « entre le moment où le bourgeon terminal s'est formé et le commencement de l'automne, que les tissus sont le plus riches en amidon, parce que la formation est encore très active, tandis que la consommation a déjà considérablement diminué ». — E. Mer, *De la répartition de l'amidon* (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1879, p. XLVII).

les observations précédentes ne conduisent qu'à des résultats approximatifs ; nous indiquons des moyennes, tout en reconnaissant qu'elles peuvent se trouver singulièrement modifiées, selon le plus ou moins de vigueur des tiges observées, soit qu'on les ait coupées sur le même pied ou sur des pieds différents.

Ainsi, le 10 juillet 1895, j'observe simultanément deux pousses d'Orme, dont l'une continue de s'allonger encore, tandis que l'autre est complètement lignifiée, et son cône végétatif passé à l'état de repos. Dans la première, l'amidon d'été commence seulement de se former au niveau des entrenœuds inférieurs, et c'est à peine s'il reste encore, un peu plus haut, dans l'endoderme, quelques traces de l'amidon primordial. Dans la seconde, au contraire, l'amidon se montre partout à l'état naissant, et en grains d'autant plus volumineux qu'on se rapproche davantage de la base.

Observations analogues, vers la même époque, sur des pousses plus ou moins avancées de Frêne, de Poirier, d'Acacia, etc. Inutile de multiplier les exemples.

L'apparition de l'amidon d'été est naturellement plus tardive chez les pousses provenant de l'évolution de ces sortes de bourgeons qui se développent normalement, au cours de l'été, à l'aisselle des jeunes branches de l'année, chez certaines espèces, telles que la Vigne, le Sycomore, etc., etc., ou dont la croissance peut être provoquée artificiellement, chez beaucoup d'autres, par l'ablation du sommet de la branche mère.

Il en sera de même chez les pousses de recepage, toujours beaucoup plus vigoureuses, à évolution plus prolongée, et qui se lignifient plus tardivement, comme je l'ai fréquemment observé, notamment chez le Lilas, l'Obier et le Sureau.

Dans les pousses florifères, l'amidon estival ne commence généralement à se former qu'après la floraison passée, de même qu'une fructification très abondante fait disparaître

l'amidon du vieux bois, comme R. Hartig l'a constaté pour le Hêtre, et M. Mer, pour l'Orme, le Mirabellier et le Frêne (1).

Donc, rien d'absolu en ce qui concerne le temps de l'apparition et la marche ascensionnelle de l'amidon dans les jeunes tiges. Ici encore, il y a lieu de tenir grand compte, indépendamment des prédispositions spécifiques, qui sont incontestables, des variations climatologiques ou atmosphériques qui peuvent, d'un lieu à un autre, ou, dans le même lieu, d'une année à l'autre, modifier plus ou moins les allures des phénomènes.

Il y aurait des observations intéressantes à faire à ce sujet, mais qui devraient se continuer pendant de longues années, et pour lesquelles il serait peut-être difficile de trouver un criterium suffisant de sensibilité.

M. E. Mer a remarqué que les pluies prolongées ralentissent la formation de l'amidon dans les feuilles, ce dont il trouve la cause dans l'abaissement de la température et l'affaiblissement de la radiation solaire (2).

J'ai observé de même, qu'au 1er octobre 1896, à la suite de temps froids et humides, l'amidon avait presque entièrement disparu de la tige du Jasmin et du Lierre, et qu'on le trouvait en forte diminution, à la même époque, dans celles du Tilleul, du Sureau, du Sumac glabre, de l'Arbre de Judée et du Fusain du Japon. Mais il est intéressant de constater que de longues sécheresses peuvent produire le même effet.

C'est ainsi qu'en août et septembre 1893, à la suite de sécheresses prolongées, j'ai reconnu : 1° que l'amidon avait presque entièrement disparu de la tige du Fusain d'Europe, du Sycomore et surtout du Sumac glabre, où l'on n'en trouvait plus alors qu'une très minime quantité dans l'endoderme et le parenchyme libérien ; 2° que les granules d'a-

(1) E. Mer, *Influence de l'état climatérique sur la croissance des Sapins* (Journ. de Bot., 1895, p. 233).

(2) *C. R. Acad. des sciences*, 4 février 1895. — *Feuille des Jeunes Naturalistes*, même année, p. 96.

midon, encore assez abondants chez le Frêne et le Sureau, y avaient néanmoins sensiblement diminué de grosseur ; 3° que les grains de chlorophylle eux-mêmes présentaient alors des signes évidents de profonde altération chez plusieurs de ces espèces, ne formant plus parfois, chez le Sureau par exemple, qu'une sorte de résidu granuleux.

Chez le Staphylier, le 19 septembre de la même année, les grains d'amidon avaient aussi beaucoup diminué de grosseur et de nombre ; les angiochlorites apparaissaient réduits de volume, pâles, peu visibles.

Les choses restèrent en cet état jusque vers le milieu d'octobre, où l'on vit, chez cette dernière espèce, comme chez les autres, à la suite de quelques jours de pluie, les chlorites de toute sorte reprendre leurs allures normales et se mettre de nouveau à fabriquer de l'amidon.

Notons en passant que c'étaient là des circonstances éminemment favorables, — et j'en ai largement profité, — pour l'étude, soit de la formation des grains d'amidon dans la généralité des chloroplastides, soit du phénomène de la *formation libre* dont il a déjà été question, et sur lequel nous reviendrons par la suite.

Semblables observations en septembre 1895, où j'ai pu constater qu'à la suite d'une longue période de sécheresse, les grains d'amidon avaient presque complètement disparu de la tige du Fusain d'Europe, y compris l'endoderme lui-même ; qu'ils avaient partout diminué de nombre et de grosseur chez le Poirier, le Tilleul, le Sycomore, le Lilas et l'Acacia, et qu'ils étaient en résorption plus ou moins avancée dans l'écorce du Pêcher, du Pommier, du Corète du Japon, de l'Orme et du Staphylier, — dans l'écorce et dans l'étui médullaire ou couronne de l'Obier et du Sureau, — dans la couronne du Genêt d'Espagne, et, enfin, dans le péricycle du Baguenaudier et du Chèvrefeuille.

A la même époque, chez le Mahonia, l'amidon, encore assez abondant dans la moelle, avait complètement disparu du péricycle, puis, la sécheresse persistant jusqu'au 2 octo-

bre, jour où survint une pluie abondante, dès le lendemain je ne trouve plus, dans la moelle et les rayons ligneux, que quelques grains d'amidon très ténus, tandis qu'ils réapparaissaient en grand nombre, à l'état naissant, dans les régions plus extérieures encore vivantes de la tige.

On ne saurait donc mettre en doute que la sécheresse, aussi bien que l'humidité prolongée, peut exercer, chez beaucoup d'espèces, une action déprimante, plus ou moins accusée, sur la production de l'amidon caulinaire. Seuls, parmi les plantes étudiées à ce point de vue, le Frêne, le Groseillier, le Cassis, l'Arbre de Judée, le Faux-Ébénier, l'Épine-Vinette et la Vigne, nous ont paru y rester à peu près insensibles.

Nous terminerons ce paragraphe par une observation qui peut avoir son intérêt, à savoir : que le phénomène de la résorption nocturne de l'amidon dans l'appareil foliaire, — résorption partielle, d'ailleurs, ou même parfois nulle, d'après M. Belzung (1), — ne nous a point paru avoir de répercussion bien sensible dans la tige des végétaux ligneux.

Mais, d'autre part, nous croyons avoir constaté, qu'après une courte période de développement continu, les grains d'amidon qui se forment dans la tige au commencement de l'été, ne tardent pas à diminuer un peu de volume et à rester quelque temps à l'état formatif, avec des alternatives de production et de résorption partielles, phénomène assez analogue à celui de la résorption nocturne, et cela jusqu'au temps où l'arrêt définitif de croissance permet, enfin, à l'amidon estival d'atteindre l'étiage de sa production maximum.

B. Marche progressive horizontale de l'amidon d'été. — Dans cet ordre de faits, nous aurons à considérer d'abord les espèces à suber externe, puis les espèces à suber interne ou péricyclique.

1. *Espèces à suber externe.* — Chez les espèces de cette première catégorie, de beaucoup les plus nombreuses, nous

(1) *Marche totale* (Journ. de Bot., 1895, p. 135).

avons vu l'amidon se répandre dans la tige en direction horizontale, selon six modes principaux que nous étudierons successivement.

1° Je trouve d'abord quelques espèces où l'amidon apparaît, en premier lieu, dans le canal médullaire qu'il ne tarde pas à envahir tout entier, pour se répandre de là en direction centrifuge dans les rayons du bois, et souvent aussi, mais toujours beaucoup plus clairsemé, dans la partie interne des faisceaux ligneux.

Entre temps, un peu plus tôt, un peu plus tard, on le voit se répandre aussi, à partir des régions endodermiques, restées, comme on sait, le plus souvent amyligères, d'une part, dans l'écorce primaire, de l'autre, dans le péricycle mou, dans les rayons libériens, et, finalement, toujours en grains très ténus, dans les autres éléments parenchymateux du liber.

La marche progressive horizontale de l'amidon d'été est donc ici centrifuge, considérée dans son ensemble, bilatérale ou à double jeu dans les régions cortico-libériennes seulement.

C'est ce dont j'ai trouvé de bons exemples chez le Charme, le Lierre, le Poirier, le Pommier et le Chêne pédonculé.

2° Chez d'autres espèces, ce n'est pas simultanément ou à peu près, dans toute l'épaisseur, mais bien à la périphérie du canal médullaire seulement, que l'amidon d'été se localise tout d'abord, c'est-à-dire dans cette région du cylindre libéro-ligneux, — la *moelle annulaire* de Guillard (1), — qu'à l'exemple de quelques auteurs, nous préférons désigner, pour éviter les périphrases, sous le nom de *couronne*. Il se répand de là, d'un côté dans le bois, en direction centrifuge, de l'autre, soit dans toute l'épaisseur du canal médullaire (Buis, Citronnier, Laurier-Cerise), soit seulement dans certaines cellules plus ou moins spécialisées de la moelle (Sycomore, Arbre de Judée, Rosier, Staphylier). Nous y reviendrons plus loin.

(1) *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1879, p. XLIV.

L'apparition de l'amidon est généralement plus tardive dans la région endodermique des mêmes espèces, avec progression ultérieure à double jeu, comme chez les espèces de la série précédente.

A partir des deux zones initiales de formation, couronne et endoderme, la marche progressive de l'amidon est, du reste, bien loin de se montrer partout la même, comme on peut en juger par les combinaisons variées des formules suivantes :

Buis. — Couronne, et rayons ligneux, moelle, péricycle et rayons libériens, écorce primaire.

Citronnier. — Couronne, moelle, rayons ligneux, écorce primaire, rayons libériens.

Rosier. — Couronne, rayons ligneux et libériens, écorce primaire, moelle, liber.

Laurier-Cerise. — Couronne, rayons ligneux, écorce primaire et moelle, liber.

3° Supposons maintenant deux zones initiales de formation, l'une dans la couronne, avec progression unilatérale dans le bois, sans qu'il se forme d'amidon dans l'intérieur même du canal médullaire, l'autre, plus tardive et à double jeu, dans la région endodermique, et nous aurons une idée assez exacte de ce qui se passe chez le Frêne, le Noisetier, le Sureau et le Figuier, où l'amidon apparaît dans les rayons ligneux avant de se montrer dans l'écorce, et aussi chez le Corète du Japon où il disparaît très promptement de la couronne.

On voit par les remarques ci-dessus que la marche progressive horizontale de l'amidon, *considérée dans son ensemble*, peut être qualifiée de centrifuge chez les espèces des trois premières séries, puisqu'elle y a son point de départ, soit dans l'intérieur même, soit à la périphérie du canal médullaire. Il n'en sera plus de même chez les espèces suivantes.

4° En voici d'abord quelques-unes chez lesquelles l'amidon apparaît simultanément, dans la zone endodermique, avec

progression ultérieure à double jeu, et dans les régions médullaires, où on le voit, tantôt se cantonner exclusivement dans la couronne (Sumacs glabre et vénéneux, Genêt d'Espagne, Obier, Noyer, Orme), tantôt se répandre en plus ou moins grande quantité dans tout l'intérieur ou dans certaines cellules du canal, soit en direction centripète (Fusain d'Europe, Vigne-Vierge, Fustet, Laurier-Tin, Pêcher), soit en direction centrifuge, ce qui implique formation tardive dans la couronne (Laurier-Rose, Tilleul, Myrsine d'Afrique), soit, enfin, en double direction, apparaissant alors simultanément dans la couronne et au centre de la moelle, pour se rejoindre finalement dans la zone intermédiaire (Marronnier).

Notons aussi qu'il y a quelques distinctions à établir entre ces différentes espèces, selon que l'amidon, considéré exclusivement dans le cylindre libéro-ligneux, y progresse synchroniquement, en direction centrifuge dans le bois, centripète dans les rayons libériens, ce que j'ai observé chez le Sumac glabre, et aussi chez le Faux-Ébénier, qui appartient à la série suivante, ou qu'il s'y forme, au contraire, successivement, en commençant soit par le bois, ce qui est le cas le plus fréquent (Laurier-Rose, Orme, Tilleul, Genêt d'Espagne), soit par les rayons libériens, ce que je n'ai observé que chez la Vigne-Vierge.

Enfin, nous ferons remarquer que, chez plusieurs espèces de la même série, telles que le Fusain d'Europe, le Laurier-Rose, le Noyer, le Pêcher, le Fustet et l'Obier, la diffusion de l'amidon est tellement rapide qu'il devient souvent assez difficile d'en discerner les étapes successives, et qu'on le voit même parfois s'y former simultanément, aussi bien dans la moelle que dans l'écorce et le bois.

5° Nous rangerons dans une cinquième série un petit nombre d'espèces chez lesquelles l'amidon d'été, faisant sa première apparition dans l'écorce primaire, se montre ensuite successivement, dans la moelle (Faux-Ébénier, Aucuba, Fusain du Japon), ou dans la couronne seulement (Jasmin), puis dans les rayons libériens, où il évolue, comme d'ordi-

naire, en direction centripète, finalement dans le bois.

6° Restent, enfin, deux espèces, le Lilas et l'Acacia, chez qui la marche de l'amidon est franchement centripète dans son ensemble, comme on peut en juger par la formule suivante : écorce primaire (centrifuge), rayons libériens, liber, rayons ligneux et bois, couronne.

II. *Espèces à suber interne.* — La prompte mortification de l'écorce primaire, chez la plupart des espèces à suber interne, y fait naturellement obstacle, le plus souvent, à la production, en quantité appréciable, de l'amidon d'été.

Je n'ai trouvé d'exception à cette règle que chez la Vigne, en raison, justement, du temps plus long qu'y met l'assise phellogène à opérer son évolution.

A quelque époque que celle-ci se produise, si l'on vient à la considérer au point de vue de son action sur les couches corticales profondes, on reconnaît qu'elle a le plus souvent pour effet d'y provoquer, par suite d'une sorte de balancement organique, une superproduction de la substance amylacée, de même que nous avons vu précédemment la chlorophylle s'y former aussi, d'ordinaire, en plus grande abondance. Cette superproduction nous a paru s'accuser très nettement dans le péricycle de la Vigne, dans les rayons libériens du Baguenaudier, et surtout dans le tissu lacuneux qui, chez l'Épine-Vinette et le Mahonia, sépare le cylindre libéro-ligneux de la couche, assez épaisse, des longues fibres péricycliques.

Le phénomène s'arrête là, du reste, et ne paraît pas avoir de répercussion sur les tissus amyligères du bois et de la moelle.

Que si maintenant, nous cherchons à nous rendre compte de la marche progressive horizontale de l'amidon d'été dans l'ensemble des régions péricycliques, libéro-ligneuses et médullaires chez les espèces à suber interne, nous aurons à y relever certaines différences spécifiques analogues à celles que les espèces à suber externe nous présentaient tout à l'heure.

C'est ainsi que, chez le Mahonia, le Seringa, l'Épine-Vinette et la Vigne, l'amidon estival apparaît d'abord dans les régions médullaires (moelle ou couronne), puis, simultanément ou à peu près, dans les rayons ligneux en direction centrifuge, dans le péricycle et les rayons du liber en direction centripète, finalement dans les faisceaux libériens.

Chez le Chèvrefeuille et le Baguenaudier, c'est, au contraire, dans le péricycle mou et les rayons libériens qu'on voit se former les premiers grains d'amidon, après quoi, ils se montrent successivement et sans ordre bien fixe, dans la couronne et les régions intermédiaires. La progression est centripète dans son ensemble.

Enfin, chez les *Ribes*, l'apparition de l'amidon est à peu près simultanée dans toutes les régions amyligères, à l'exception, toutefois, du parenchyme libérien, extérieurement épaissi, où il se forme toujours en dernier lieu.

C. Formation individuelle des grains d'amidon. — Dans ce paragraphe, nous aurons à nous rendre compte de la façon dont les grains d'amidon, considérés individuellement, se comportent dans leurs rapports de formation et de croissance avec les chlorites parvenus à l'état adulte.

Le principal intérêt de cette étude portera sur les différences qu'il nous sera possible d'établir à cet égard entre les deux sortes de chlorites.

1° Une première différence résulte de ce que les granules de l'amidon d'été apparaissent ordinairement plus tôt chez les gymnochlorites que chez les endochlorites, de même que nous avons vu ceux de l'amidon primordial ou transitoire y persister plus longtemps. C'est donc chez eux que la phase régressive de la production amylacée, correspondant au temps de plus forte croissance, a le moins de durée.

2° Les grains d'amidon peuvent se former simultanément ou successivement sur un point quelconque des gymnochlorites; ils grossissent moins, en général, toutes proportions gardées, que ceux des endochlorites, par suite, nous l'avons déjà dit, de la moindre élasticité de leurs plastides forma-

teurs, et nous les verrons plus tard se résorber sur place, sans avoir jamais quitté, dans l'intervalle, leurs positions relatives.

Lorsqu'il ne se forme, dans le gymnochlorite, qu'un seul grain d'amidon, celui-ci peut être central ou plus rarement excentrique. Central, il se développe également sur toute la périphérie ; excentrique, il s'accroît de la même façon que ceux des endochlorites à granule d'amidon unique. Nous y reviendrons tout à l'heure.

A ce premier mode de formation, très répandu, nous le répétons, chez les gymnochlorites, nous croyons pouvoir appliquer le nom de *formation sporadique*.

La formation est, au contraire, le plus souvent *périphérique* ou *latérale* chez les endochlorites : *périphérique*, lorsque l'endochlorite se charge de plusieurs grains d'amidon ; *latérale*, lorsqu'il ne s'en forme qu'un seul ; — très rarement *sporadique*, comme j'en ai cependant rencontré quelques exemples chez le Fusain d'Europe et le Sureau.

Quoique le sujet ne soit pas de première fraîcheur, il convient, croyons-nous, d'entrer ici dans quelques détails.

Lorsque la formation est périphérique, les grains d'amidon sis immédiatement au-dessous de la surface du plastide, y apparaissent simultanément ou successivement, comme autant de points réfringents généralement incolores, grossissant peu à peu, et qui ne tardent pas, soit seuls, soit accompagnés d'autres granules formés ultérieurement plus au centre, à en occuper toute la masse.

Tantôt les granules peuvent rester alors plus eu moins lâchement groupés dans la masse du plastide, en conservant une forme assez souvent globuleuse, tantôt, ayant atteint un certain volume, on les voit s'aplatir sur leurs faces de contact en s'accolant intimement les uns aux autres, ceux de la périphérie continuant de grossir en progression excentrique, faisant même, parfois, saillie au dehors (1), d'où résulte, la structure anguleuse ou cunéiforme des granules,

(1) Voy. plus haut, page 363, d'après Schimper, *Annales*, 6e série, t. XI, p. 256.

l'ensemble du complexe amylo-chlorophyllien prenant souvent, dans l'un et l'autre cas, au moment où les enclaves amylacées ont atteint leur maximum de grosseur, la disposition mamelonnée dont il a été question plus haut.

Nous reviendrons plus loin sur ces diverses dispositions.

On trouve de bons exemples du mode de formation que nous qualifions de périphérique, avec disposition lâche ou compacte, chez les espèces suivantes : Sycomore, Faux-Ébénier, Fusain du Japon, Houx, Laurier-Rose, Lierre, Lilas, Mahonia, Orme, Poirier, Pommier, Sumac glabre, Fustet, Sureau, Aucuba, Arbre de Judée, Charme, Fusain d'Europe, Laurier-Cerise, Noisetier, Pêcher, Figuier et Obier.

Périphérique chez les endochlorites à grains d'amidon multiples ou composés, la formation est très généralement latérale chez les endochlorites à grains d'amidon simples. Je dis : très généralement, car il peut se faire, par exception, que ce grain unique prenne, en réalité, naissance au centre même du chlorite.

Quand il se forme sur l'un ou l'autre point de la périphérie, ce qui est de beaucoup le plus fréquent, on le voit généralement s'agrandir simultanément en double direction, tout à la fois excentrique et centripète, par rapport au centre de figure de son plastide formateur, ce qui ne tarde pas à communiquer ordinairement à la masse tout entière une forme elliptique ou ovoïde, avec un léger étranglement au niveau de la courbe de jonction du chlorite et du granule. Ce n'est là, d'ailleurs, qu'un phénomène de localisation sur un seul point du processus général de formation selon le mode périphérique.

Cependant, la ligne courbe d'étranglement se rapproche peu à peu du pôle opposé à celui où le granule d'amidon a pris naissance, dessinant ainsi cette sorte de ménisque auquel on a donné le nom de calotte chlorophyllienne (1).

(1) Voy. *Journ. de Bot.*, 1892, p. XL, XLIX et L, d'après des notes de MM. Dodel et Belzung.

Le ménisque s'efface à son tour, laissant le grain d'amidon solitaire uniformément revêtu d'une très mince enveloppe de plasma chorophyllien très souvent peu distincte, comme il a été dit précédemment, parfois même évanescente.

Le mode de formation latérale se trouve fréquemment associé, en proportions variables, au mode périphérique, chez l'Arbre de Judée, le Baguenaudier, le Frêne, le Laurier-Tin, le Noyer, le Pêcher, le Rosier, le Staphilier, le Tilleul, l'Obier, etc., etc... Il prédomine chez la Vigne et la Vigne-Vierge, où il s'accompagne, en outre, assez souvent, de certains phénomènes accessoires qui ne laissent pas que de présenter quelque intérêt.

Ainsi, observée chez la Vigne, la calotte chlorophyllienne se résout fréquemment en une petite masse granuleuse qui reste plus ou moins longtemps adhérente au granule d'amidon.

Chez la Vigne-Vierge, on rencontre souvent des grains d'amidon assez volumineux, incolores ou faiblement teintés de vert, et généralement ovoïdes, qui sont accompagnés, à l'un de leurs pôles, d'un granule rond beaucoup plus petit. Ce granule satellite ou polaire peut se former de deux façons. Tantôt il apparaît tout d'abord à l'un des pôles du chlorite et se trouve très promptement arrêté dans sa croissance, tandis qu'à l'autre pôle se forme un autre granule qui se développe normalement et vient finalement se souder avec lui. Tantôt, au contraire, le gros granule se forme le premier, et c'est alors dans la calotte chlorophyllienne que le granule satellite apparaît tardivement, les deux granules pouvant, du reste, demeurer adhérents l'un à l'autre jusqu'au moment de la résorption totale (23 octobre 1894), ou se séparer plus ou moins tôt, le granule polaire achevant alors de grossir isolément.

Au lieu d'un seul granule satellite, j'en ai vu parfois deux ou trois se former sur les bords du même chlorite (Vigne-Vierge, Laurier-Tin).

Nous avons précédemment fait remarquer que l'appa-

rition de grains d'amidon composés à la phériphérie des endochlorites peut être indifféremment simultanée ou successive. Il est assez difficile, aussi bien dans l'un que dans l'autre cas, de reconnaître si les granules, considérés isolément, se développent et grossissent également sur toute leur surface, ou si l'accroissement se fait, au contraire, en direction définie, centripète ou centrifuge, non plus par rapport au centre de figure du plastide formateur, selon le processus que nous avons étudié plus haut, mais à partir du centre organique de formation du granule amylacé lui-même.

L'observation est d'autant moins aisée que les grains d'amidon d'origine chlorophyllienne demeurent relativement, comme on sait, assez peu volumineux, et ne laissent voir, d'ordinaire, aucune trace de stratification tant qu'ils restent plongés dans le plastide (1).

Quand la formation est latérale, chaque chlorite ne formant qu'un seul grain d'amidon, la difficulté diminue. Je crois avoir constaté qu'en pareil cas, le grain d'amidon, tant qu'il reste à l'état formatif, se montre plus transparent sur la surface de pénétration à l'intérieur du plastide, d'où la forte présomption que c'est dans le même sens que s'opère la croissance.

Dès l'année 1880, M. Schimper avait observé et nettement distingué, pour les grains d'amidon d'origine chlorophyllienne, les deux modes de formation : sporadique, d'une part, phériphérique ou latérale, de l'autre, que nous venons d'analyser (2), mais il ne paraît pas en avoir reconnu les relations habituelles de localisation dans les deux sortes de chlorites. Aussi est-ce surtout en se plaçant à ce point de vue spécial, que j'ai jugé utile d'en reprendre l'étude.

Il ne nous reste plus à signaler, dans le même ordre de faits, que deux différences d'importance secondaire :

(1) Schimper, *Sur l'origine des grains d'amidon* (Ann. Sc. nat. Bot., 6e série, t. XI, p. 257).
(2) *Op. cit.* (Annales, 6e série, t. XI, p. 256 et 257).

1° Inclus dans leurs plastides formateurs et observés dans l'eau, les grains d'amidon des gymnochlorites apparaissent toujours bien définis dans leurs contours, tandis que ceux des endochlorites se montrent, au contraire, vaguement estompés sur les bords, et comme noyés dans leur enveloppe chlorophyllienne.

2° On ne distingue, parmi la généralité de ces derniers organites, que de très légères différences de forme et de structure, alors que le facies peut varier beaucoup de ceux que fabriquent les différentes sortes de gymnochlorites.

Ainsi, souvent plus abondants, mais généralement plus petits et de forme arrondie dans les gymnochlorites à structure nettement réticulée, tels que ceux de l'Aucuba, du Genêt d'Espagne, du Figuier, du Houx, du Sureau, etc., ils se montrent d'ordinaire moins nombreux, de forme plus anguleuse, et souvent réduits à deux ou trois corpuscules fusiformes ou en croissant, dans les gymnochlorites lenticulaires à réfringence sombre, peu diffusibles au début, et dans ceux, de formes irrégulières, que nous avons désignés sous le nom de grains-paillettes.

Formation libre. — Outre les grains d'amidon que nous venons de voir se localiser dans les gymnochlorites, ou chlorites propres des cellules granuleuses (cyanocystes), on en rencontre souvent d'autres, dans les mêmes cellules, pendant toute la période de végétation active, qui, tantôt incolores, tantôt plus ou moins teintés de vert, toujours simples, et de grosseurs variables, se montrent disséminés contre les parois ou dans l'intérieur de la cellule, sans aucune relation apparente avec les chlorites amylacés auxquels ils se trouvent ainsi associés.

C'est probablement, comme nous l'avons déjà indiqué, sur l'étude incomplète de ces granules isolés que se fonde l'opinion de certains auteurs d'après qui, dans bien des cas, les grains amylacés d'origine chlorophyllienne seraient finalement expulsés de leurs plastides formateurs.

Qu'il puisse en être parfois ainsi, il serait téméraire de le nier, bien que, quant à moi, je n'aie jamais saisi sur le fait ce travail d'élimination. Je ne l'ai vu se produire d'une façon évidente que chez les gymnochlorites diffusibles mis en présence de l'eau, et il faut bien, d'ailleurs, se garder de le confondre avec la mise en liberté des granules, par suite de la destruction des plastides eux-mêmes.

J'estimerais plutôt que les grains d'amidon en question proviennent directement, pour la plupart, de l'évolution amylacée ou chloro-amylacée de granules protéiques préalablement inclus dans le plasma pariétal ou périnucléaire des cyanocystes, où il est généralement assez aisé de suivre les différentes phases du phénomène.

Il suffit, à cet effet, de traiter les coupes par la fuchsine ou autre colorant des matières protéiques et l'iode, ou, mieux, par l'alcool, le réactif iodo-ioduré employé deux fois, avec intervalle de complet dessèchement, et, enfin, par l'acide acétique et l'eau.

On rencontre ainsi, dans une même coupe, et souvent dans une même cellule, toutes les transitions possibles entre les granules primitifs, vivement impressionnés par les réactifs colorants ou iodés, et les grains plus volumineux qui ne cessent, en grossissant, de présenter, de plus en plus accusées, les réactions caractéristiques de l'amidon.

Mes observations à cet égard ont particulièrement porté sur les cellules à gymnochlorites de l'Épine-Vinette, du Pêcher, du Sycomore, du Lierre, du Corète et du Fusain du Japon, de l'Arbre de Judée, du Noyer, du Sumac glabre, du Baguenaudier, du Charme, de la Vigne-Vierge, du Faux-Ébénier, du Staphylier, du Cassis et du Sureau.

A signaler tout spécialement l'intérêt et la facilité de cette étude, lorsqu'on vient à considérer les corpuscules protéiques ou protéo-amylacés inclus dans la substance spongieuse qui, entourant le noyau des gymnochlorites de certaines espèces : Vigne-Vierge (26 avril 1894), Faux-

Ébénier (8 juillet 1885), Staphylier (18 octobre 1893), Cassis (19 décembre 1892), Sureau (3 mai 1892), se trouve projetée avec lui, sous l'action du rasoir, dans l'eau de la préparation.

Je me suis trouvé dans des conditions d'observation non moins favorables lorsque, à la suite de pluies subitement très abondantes, j'ai pu assister, en octobre 1893, comme je l'ai indiqué plus haut (p. 385), à la prompte régénération de l'amidon dans la tige du Staphylier, d'où une longue sécheresse l'avait fait presque entièrement disparaître, et de même, dans des circonstances analogues, au mois d'octobre de l'année suivante, chez la Vigne-Vierge, en novembre chez le Houx, en décembre chez le Chèvrefeuille, comme conséquence d'un adoucissement sensible de température succédant à une courte période de froids assez vifs, et, enfin, chez un grand nombre d'espèces, lors de la rénovation printanière dont nous aurons à nous occuper plus loin (Sycomore, Charme, Seringa, etc.).

C'est ce mode particulier de formation de l'amidon, très ordinairement localisé dans les cyanocystes, bien que j'en aie trouvé de rares exemples dans les achroocystes de certaines espèces, telles que la Vigne-Vierge en octobre 1894, c'est ce mode de formation, dis-je, que je propose de désigner sous le nom de *formation libre*. Il n'est pas sans analogie avec l'évolution des amyloplastides dans les tissus incolores de la tige, d'autant plus que, dans l'un comme dans l'autre cas, les granules d'amidon, en se résorbant, ne laissent le plus souvent après eux, que des traces peu distinctes de leurs plastides formateurs.

Nous constatons ainsi qu'il se produit, dans l'ensemble des cellules à gymnochlorites, aux premiers temps tout au moins de la période de végétation active, un travail incessant de formation et de résorption de la substance amylacée, travail qui se répartit, dans une proportion d'ailleurs bien difficile à déterminer, entre les granules d'amidon provenant de formation libre, et ceux qui se

constituent dans les plastides chlorophylliens préexistants.

C'est, au contraire, à ces derniers organites que sont presque exclusivement réservées les fonctions estivales de l'amylo-genèse dans les cellules à suc clair.

Quelle que soit, d'ailleurs, l'origine des granules d'amidon ainsi formés dans les deux sortes de cellules, vient toujours un moment où, perdant tout emploi prochain dans l'élaboration des tissus caulinaires arrivés à la fin de leur croissance, ils s'y accumulent, à titre de matériaux de réserve, jusqu'au temps où on les verra se résorber à leur tour, en tout ou en partie, suivant les espèces, au début de la période hivernale.

L'étude de cette phase ultime de résorption et de la façon dont les différents grains d'amidon s'y comportent, fera le principal objet du paragraphe suivant.

II. — Résorption de l'amidon d'été.

Après avoir avancé, dès l'année 1879, que « l'écorce n'est généralement pas amylifère en hiver, mais le devient dès le début du printemps » (1), M. Mer, douze ans plus tard, dans une note présentée à l'Académie (2), à l'appui de cette indication sommaire, montrait, en effet, contrairement à l'opinion jusque-là courante :

1° Que la répartition de l'amidon dans la tige des végétaux ligneux est loin de rester constante du mois d'octobre au mois d'avril ;

2° Qu'il y a résorption de cette substance à la fin de l'automne, et genèse ou plutôt régénération au début du printemps.

La question avait son intérêt. M. Mer en a, depuis, repris l'étude, en élargissant le champ de ses observations, dont les résultats sont consignés dans un travail d'ensemble paru,

(1) *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1879, p. XLV, note.
(2) *C. R. Acad. des Sc.*, 27 avril 1891. — *Journ. de Bot.*, 1891, p. LXV.

en 1898, sous ce titre : *Des variations qu'éprouve la réserve amylacée des arbres aux diverses époques de l'année* (1).

L'économie de ce nouveau mémoire sera mise tout entière en évidence par la simple indication des sous-titres : *Disparition de la réserve amylacée à l'automne. — Causes de la disparition automnale de l'amidon. — Réapparition printanière de l'amidon. — Disparition de l'amidon pendant l'évolution des pousses.*

Nous allons, à partir du présent paragraphe, côtoyer plus d'une fois le mémoire de M. Mer. Est-ce à dire que nous fassions ainsi œuvre inutile, en insistant plus que de raison sur un sujet désormais épuisé? Nous ne le pensons pas.

En consignant ici le résultat d'observations instituées parallèlement à celles de M. Mer, dès avant l'année 1880, et sans avoir eu connaissance de sa note préliminaire (1879), j'espère être en mesure, tout en corroborant, dans leur généralité, les conclusions de mon savant confrère, d'y apporter quelques rectifications de détail, et d'y ajouter certaines indications complémentaires, fondées sur l'étude d'un plus grand nombre d'espèces.

Comme le précédent, le présent paragraphe sera divisé en deux parties, dans lesquelles nous étudierons successivement : 1° la marche générale de la résorption automnale de l'amidon dans la tige des végétaux ligneux ; 2° les phénomènes de la résorption dans les grains d'amidon considérés individuellement.

A. Résorption collective de l'amidon d'été. — C'est généralement à la fin d'août ou au commencement de septembre que l'amidon, chez la plupart des végétaux ligneux, s'accumule en plus grande abondance dans les tissus caulinaires dont la croissance est désormais arrêtée ou tout au moins sensiblement ralentie. Cet état de réplétion reste pendant quelque temps stationnaire, après quoi l'amidon

(1) *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1898, p. 299 et suiv.

entre en résorption pour aboutir, au cours de l'hiver, à une disparition, totale chez certaines espèces, partielle chez certaines autres.

Les causes de la résorption sont multiples.

Employé pour partie, selon toute vraisemblance, à l'entretien de la vie ralentie de la plante lorsque la suppression de l'assimilation chlorophyllienne vient à rompre l'équilibre de la recette et de la dépense, l'amidon paraît devoir contribuer également, en proportions variables, à l'élaboration des substances de réserve de diverses sortes qui remplissent les cellules pendant l'hiver, et fournissent, au printemps, les éléments régénérateurs des grains d'amidon et des chloroplastides eux-mêmes.

A ces deux causes de la disparition totale ou partielle de l'amidon en automne, — résorption et transformation, — il conviendrait, d'après les observations de M. Mer (1), d'en ajouter une autre provenant d'une migration partielle de la même substance vers les parties souterraines de la plante.

Je m'abstiendrai de tout commentaire sur ce dernier point de vue qui a complètement échappé à mes observations personnelles, et j'aborde, sans plus tarder, l'étude des phénomènes apparents de la résorption de l'amidon dans la tige.

Il est assez difficile de déterminer avec précision le temps où l'on commence d'en saisir les premières manifestations.

D'une façon générale, j'ai cru reconnaître que l'amidon d'été entrait d'assez bonne heure en résorption chez la plupart des végétaux à feuilles hivernantes, tels que le Houx, l'Aucuba, le Laurier-Tin et le Fusain du Japon, — le Laurier-Cerise fait exception, — plus tardivement chez les espèces à feuilles caduques où les indices bien apparents de la résorption coïncident d'ordinaire avec le temps de la chute des feuilles, et encore y a-t-il, à cet égard, des différences assez sensibles parmi ces dernières espèces.

(1) *Op. cit.* (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1898, p. 301).

Ainsi, j'ai trouvé l'amidon en voie de résorption dès la fin de septembre, chez le Charme, le Fusain d'Europe, le Sumac, le Sureau et l'Obier, tandis qu'on ne commence à le voir disparaître qu'au mois de novembre, chez l'Épine-Vinette, la Vigne-Vierge, le Figuier, le Lilas et le Cassis.

On conçoit, d'ailleurs, qu'indépendamment de certaines prédispositions spécifiques, le phénomène de la résorption doive se trouver, dans une large mesure, comme celui de la formation elle-même, sous la dépendance des conditions atmosphériques qui peuvent varier sensiblement d'une année à l'autre.

C'est ainsi qu'en 1890, dès le 4 novembre, après quelques jours de faibles gelées suivies de pluies abondantes, avec chute des feuilles, je constatais que la régression de l'amidon était déjà assez avancée dans les couches corticales externes de la Vigne-Vierge, du Lilas, et de quelques autres espèces où elle se montre ordinairement plus tardive.

Ce sont parfois les gymnochlorites qui se dépouillent en premier lieu de leurs granules d'amidon, comme je l'ai observé chez le Chèvrefeuille et le Faux-Ébénier, en novembre 1893, tandis que je ne les avais vus disparaître qu'après ceux des endochlorites, chez les mêmes espèces, aux mois de novembre et de décembre de l'année précédente.

D'après la note présentée par M. Mer à l'Académie, en 1891 (1), la résorption graduelle de l'amidon commencerait par les rayons médullaires du bois pour passer de là dans le parenchyme ligneux, puis dans la moelle, après quoi elle s'effectuerait dans les tissus corticaux et libériens, pour finir par les rayons du jeune liber, la réapparition de l'amidon au printemps se produisant, graduellement aussi, dans un ordre sensiblement inverse.

Quels que puissent être l'exactitude et l'intérêt de ces observations ou de toutes autres ne portant que sur un cas

(1) Voy. plus haut, p. 399.

ou certains cas particuliers, il faudrait bien se garder d'en exagérer la portée.

En ce qui concerne spécialement le phénomène de la régression automnale de l'amidon, le seul dont j'aie à m'occuper pour le moment, bien loin que les différentes phases en puissent être réduites aux termes d'une formule unique, j'y trouve, au contraire, de nombreuses variations en sens souvent opposé aux indications de M. Mer.

Parmi les espèces que j'ai plus particulièrement étudiées à ce point de vue, il en est plusieurs chez lesquelles la marche de la résorption, intégrale ou non, considérée dans son ensemble, nous a paru le plus souvent franchement centripète (Sycomore, Aucuba, Buis, Charme, Chèvrefeuille, Baguenaudier, Chalef à rameaux réfléchis, Laurier-Cerise, Obier, etc., etc...).

Ailleurs, je l'ai vue s'opérer parfois du centre à la circonférence, ou plus souvent en double direction, centripète dans l'écorce, centrifuge dans la moelle ou la couronne, et dans le bois (Houx, Genêt d'Espagne, Fusain du Japon, Sureau, Tilleul, Sumac glabre). Mais, encore ici, il y aurait à signaler d'assez nombreuses variations dans le détail des phénomènes.

Ainsi, chez le Sumac et le Sureau, c'est ordinairement de la couronne que l'amidon disparaît tout d'abord, après quoi il se résorbe en direction rapidement centrifuge dans le bois et l'écorce.

Chez le Tilleul, la résorption s'opère d'abord à peu près simultanément dans la moelle et les couches externes de l'écorce, d'où elle passe dans la région endodermique et finalement dans le bois et la couronne.

Chez le Faux-Ébénier, elle se produit d'assez bonne heure dans la moelle, puis, graduellement, en direction centripète, dans les autres régions caulinaires.

Signalons, enfin, la formule suivante pour le Fusain d'Europe : écorce, moelle, couronne, bois.

En somme, rien de plus variable que le processus de

résorption de l'amidon d'été dans la tige des végétaux ligneux, avec prédominance, toutefois, du mode que nous avons qualifié de centripète dans son ensemble.

De quelque façon qu'elle se produise, elle aboutit finalement, vers le milieu de décembre, chez la plupart des espèces à feuilles caduques, souvent plus tôt chez les espèces à feuilles persistantes, à un état de vacuité absolue ou de réduction minimum, avec localisation dans certaines régions caulinaires, toutes choses sur lesquelles nous aurons à revenir par la suite.

Nous devons auparavant aborder l'étude de la régression individuelle des granules d'amidon considérés, soit en eux-mêmes, soit dans leurs rapports avec leurs plastides formateurs, chlorophylliens ou autres.

B. Résorption individuelle des granules d'amidon. — Pour simplifier cette étude, il convient tout d'abord de répartir les grains d'amidon en trois groupes distincts, selon qu'on les considère : 1° dans les chlorites de l'écorce (*lato sensu*), y compris ceux de l'endoderme, qui demanderont néanmoins un examen spécial ; 2° dans les chloroplastides plus ou moins décolorés de la moelle ; 3° dans les amyloplastides des tissus incolores du cylindre libéro-ligneux.

I. — Écorce.

Sous ce titre général nous aurons à étudier séparément les phénomènes de la résorption individuelle des grains d'amidon : 1° chez les gymnochlorites; 2° chez les endochlorites, en distinguant, dans chacune de ces deux séries, les chlorites à grains d'amidon simples et ceux à grains d'amidon multiples ou composés.

A. Gymnochlorites. — 1° *Grains d'amidon simples.* — Il ne s'est formé qu'un seul granule d'amidon dans le gymnochlorite. Au moment de la résorption, on voit ce granule unique, ordinairement central, plus rarement excentrique, diminuer peu à peu de grosseur sur toute sa périphérie, en

conservant des contours nets, son centre de figure restant invariablement fixé au lieu même où le granule a pris naissance.

En même temps, la mince enveloppe chlorophyllienne où il est resté inclus s'épaissit peu à peu pour reconstituer finalement, après disparition complète de l'amidon, le plastide primitif, sous réserve des changements de forme et de grosseur dont il peut être affecté. — Résorption sur place.

Il peut se faire, qu'au lieu d'une digestion incomplète de son enveloppe chlorophyllienne, le grain d'amidon simple, en grossissant, se la soit complètement assimilée. Toutes traces de la substance chlorophyllienne ayant ainsi disparu, le grain d'amidon se résorbe à son tour, en ne laissant après lui qu'un simple résidu granuleux, bientôt dispersé lui-même dans le milieu ambiant. C'est ce qui explique la disparition complète de certains corps chlorophylliens dans les cyanocystes des régions internes de l'écorce, dans ceux de la moelle ou de la couronne d'un certain nombre d'espèces, et celle aussi des corpuscules amylo-chlorophylliens de formation libre, qui se localisent, comme on sait, dans les cellules de la même catégorie (Pommier, 10 novembre 1893, 4 décembre 1892).

J'ai vu cependant, chez quelques rares espèces herbacées (*Tropæolum majus*, *Phlox paniculata*), ou ligneuses (Faux-Ébénier, Vigne, Vigne-Vierge), se développer parfois, autour d'un grain d'amidon simple, après résorption complète, — tout au moins en apparence, — de son plastide formateur, un nouveau corps chlorophyllien, de nature granulo-filamenteuse, absolument semblable à ceux qui proviennent de la régression chlorophyllienne des grains d'amidon, dans les tubercules de Pommes de terre accidentellement exposés à la lumière.

2° *Grains d'amidon multiples ou composés.* — Comme les grains d'amidon simples, les granules constituants des grains composés des gymnochlorites se résorbent très ordinaire-

ment sur place, de telle sorte qu'on les voit peu à peu diminuer de grosseur, simultanément ou dans l'ordre successif, sans quitter leurs distances respectives, tandis que s'opère autour d'eux la reconstitution du plastide formateur : Faux-Ébénier (26 octobre-3 décembre 1893), Lilas (28 novembre 1892), Frêne (5 décembre 1892), Sureau (8 octobre 1894), Vigne (3 septembre 1892), etc., etc.

La résorption est donc ici sporadique, comme avait été la formation. De même que dans le cas précédent, les deux phénomènes sont l'exacte contre-partie l'un de l'autre.

B. ENDOCHLORITES. — 1° *Grains d'amidon simples.* — Lorsqu'il ne s'est formé qu'un seul grain d'amidon dans l'endochlorite, la résorption peut être latérale, centrale ou intégrale.

a. Résorption latérale. — Nous avons trouvé de bons exemples de ce premier mode de résorption dans le péricycle mou de la Vigne aussi bien que dans l'écorce primaire de la même espèce, où nous savons que l'évolution tardive du phellogène interne laisse à l'amidon d'été tout le temps nécessaire pour se produire en abondance. Lorsqu'il commence à se résorber, les endochlorites, — presque tous munis d'un seul grain d'amidon, souvent assez volumineux, — sont encore généralement intacts, et ils restent tels jusqu'au temps, plus ou moins rapproché, de leur propre dissolution, ce qui permet d'y étudier, dans les meilleures conditions possibles, vers la fin d'août ou le commencement de septembre, toutes les phases du phénomène de régression.

On voit alors se dessiner, à l'un des pôles du chlorite, une petite calotte chlorophyllienne qui se développe graduellement sur sa surface de contact avec le granule d'amidon, tandis que celui-ci, diminuant peu à peu de grosseur, est lentement refoulé vers le pôle opposé, où il finit par disparaître.

Il y a donc ici encore, comme pour les gymnochlorites,

parfaite corrélation entre les deux processus antagonistes de formation et de résorption des grains d'amidon simples.

Semblables constatations, quoique d'une observation peut-être un peu moins aisée, pour les endochlorites à grains d'amidon simples que l'on rencontre très fréquemment chez la Vigne-Vierge, beaucoup plus clairsemés dans l'écorce primaire du Sycomore, de l'Arbre de Judée, du Faux-Ébénier, du Frêne, du Marronnier, du Noisetier, du Staphylier, du Sureau, du Laurier-Tin, etc., etc.

b. Résorption centrale. — On peut qualifier la résorption de centrale, lorsqu'elle s'opère, — assez rarement, du reste, chez les endochlorites, — par dissolution égale ou régression uniforme du granule (1), lequel reste fixé au centre du plastide, avec reconstitution corrélative de ce dernier, non plus en progression graduelle, d'un pôle à l'autre, mais simultanément et uniformément sur tout son pourtour.

c. Résorption intégrale. — J'entends par là une sorte de résorption qui résulte, non pas, comme dans le cas précédent, de la réduction graduelle de la substance amylacée à la périphérie du granule, mais bien de la fusion simultanée de sa masse tout entière dans le sein du chlorite en voie de reconstitution.

Ce mode de résorption est, en somme, assez rare chez les endochlorites à grains d'amidon simples. On le rencontre plus fréquemment, et nous pourrons l'étudier dans de meilleures conditions, chez certains endochlorites dont les granules amylacés, d'abord multiples, puis devenus ternaires ou binaires, dans les premières phases de la fusion, ou même finalement réduits à l'unité, achèvent de se résorber par le même procédé.

2° *Grains d'amidon multiples ou composés.* — Quelques mots, d'abord, sur les procédés techniques qui m'ont facilité

(1) Dissolution égale : Duchartre, *Élém. de Bot.*, 3e édit., p. 107, d'après A. Gris ; Baillon, *Dict. de Bot.*, t. I, p. 148. — Résorption uniforme : Belzung, *op. cit.* (Annales, 7e série, t. V, p. 204, et pl. V, nos 6, 7, 9).

l'étude de la résorption de l'amidon chez les endochlorites à grains composés.

En traitant successivement les coupes par l'alcool et le réactif iodo-ioduré, on voit assez fréquemment la masse de l'endochlorite se colorer en brun, avec plusieurs centres de coloration plus foncée, correspondant au centre de figure des granules d'amidon qui y sont inclus, ce qui permet d'en reconnaître plus ou moins aisément le nombre et la position relative. Mais il peut se faire, aussi, que, sous l'apparence trompeuse d'une masse uniformément colorée en brun, se trouve dissimulé, en réalité, un groupe de granules si intimement accolés entre eux, que le réactif est impuissant à en faire apparaître les lignes de contact.

Ces premières indications sont donc insuffisantes.

Dans l'un et l'autre cas, — coloration uniforme ou non, — pour mettre les granules en pleine évidence, il conviendra, après le traitement préliminaire dont il vient d'être question, de faire intervenir l'acide acétique par deux *fois*, en maintenant un instant la coupe dans l'eau distillée, entre les deux applications de l'acide.

Le plastide chlorophyllien, suffisamment éclairci, apparaît alors sous forme d'une petite masse transparente dont les granules inclus, colorés en bleu gris ou bleu violet, suivant les espèces, sont devenus assez distincts pour qu'on puisse, dans tous les cas, — étroitement accolés ou non, — en suivre facilement les changements de position ou de structure, aux différentes phases de leur évolution régressive.

En somme, il n'y a là qu'une simple application de la méthode de Boëhm (1), mais sans intervention de la potasse, qui a le grave inconvénient, en dissolvant la substance même des chlorites, d'altérer et de rendre souvent absolument indistincts les rapports de position de leurs enclaves amylacées.

En procédant ainsi, j'ai reconnu que les grains d'amidon

(1) Strasburger, *Manuel technique d'anatomie végétale*, trad. franç., p. 48.

qui, chez la grande généralité des endochlorites à grains multiples, se forment, comme on sait, à la périphérie du plastide, s'y distribuent finalement, comme on l'a déjà indiqué plus haut, suivant deux modes principaux de groupement auxquels correspond assez exactement la façon dont ils se résorbent en automne.

Premier mode de groupement. — Chez un assez grand nombre d'espèces les grains d'amidon, plus ou moins nombreux, mais toujours de médiocre ou de petit volume, apparaissent assez lâchement groupés dans l'intérieur des endochlorites.

Au cours de la résorption on constate que ces grains diminuent peu à peu de grosseur, en s'écartant en même temps les uns des autres, et se trouvent finalement reportés, pour y disparaître simultanément ou dans l'ordre successif, à la périphérie du plastide, c'est-à-dire aux places mêmes où ils avaient pris naissance.

Formation périphérique, résorption périphérique, tels sont donc les deux termes extrêmes de l'évolution estivale des granules amylacés inclus dans le plastide selon l'ordre particulier de groupement qui vient d'être indiqué. — Phénomènes fréquemment observés chez l'Aristoloche, l'Acacia, le Sycomore, l'Arbre de Judée, le Charme, le Chèvrefeuille, le Baguenaudier, le Faux-Ébénier, le Figuier, le Frêne, les Fusains d'Europe et du Japon, le Jasmin, le Corète du Japon, le Laurier-Rose, le Laurier-Tin, le Lierre, le Lilas, le Mahonia, le Marronnier, le Noisetier, le Cassis, le Staphylier, le Sureau, le Genêt d'Espagne, le Tilleul, etc.

Il y a pourtant des exceptions. J'ai rencontré, chez certaines espèces, telles que le Lilas, le Faux-Ébénier et le Figuier, des endochlorites à granules lâchement groupés dont la résorption s'opérait indifféremment selon le mode périphérique, ou sur place, à la façon de ce qui se passe chez la grande généralité des gymnochlorites.

Deuxième mode de groupement. — Grains d'amidon ordinairement moins nombreux, mais de plus fort volume que

dans le type précédent, et intimement accolés entre eux, suivant des surfaces planes ou rectilignes. Mode habituel ou prédominant chez l'Obier, le Sumac glabre, le Fustet, le Noyer, le Pêcher, le Pommier, le Poirier, le Rosier (quatre Rosacées), assez souvent associé au mode de groupement lâche chez plusieurs des espèces plus haut énumérées : Laurier-Rose, Frêne, Faux-Ébénier, Sycomore, Arbre de Judée, Cassis, etc., etc.

Quand les granules sont ainsi groupés, leur fusion s'opère le plus souvent sur place et par résorption *intégrale* des granules constituant, — on va voir à l'instant ce que nous entendons par là, — phase ultime, qui peut être précédée ou non d'un phénomène de réduction successive dans le nombre de ces mêmes granules.

Je m'explique :

Supposons un endochlorite dans lequel se sont formés quatre grains d'amidon disposés en tétrade. Qu'un de ces grains vienne à se résorber sur place, ne laissant après lui qu'un petit résidu granuleux, lui-même bientôt évanoui, on voit, dans le même temps, grâce à ses propriétés élastiques, l'enveloppe chlorophyllienne commune subir un mouvement corrélatif de retrait, qui la ramène exactement moulée sur les trois grains restants. Le groupe amylacé formé dans l'endochlorite est ainsi devenu ternaire. Il peut passer ensuite de la même façon à l'état binaire, ou se réduire finalement à l'unité. Et de même pour tous groupes amylacés de constitution identique, quel que soit le nombre primitif des granules constituants.

Le granule d'amidon resté solitaire, ou les deux ou trois granules persistants ne tardent pas à s'effacer peu à peu ; ils semblent se fondre en quelque sorte dans le chlorite où ils sont inclus, lequel, plus ou moins décoloré, continue, pendant quelque temps encore, de présenter, dans sa masse tout entière, la réaction de plus en plus affaiblie de l'amidon.

C'est à ce mode spécial de résorption, considéré, soit

dans un endochlorite à grain simple, soit dans un groupe amylacé, finalement réduit ou non dans le nombre de ses éléments, que je propose de donner le nom de *résorption intégrale*.

J'ajoute qu'indépendamment du processus qui vient d'être indiqué, la simplification d'un groupe quelconque peut aussi provenir, dans certains cas, soit d'un simple phénomène de division (Poirier, Noyer, Rosier, Sumac, Obier (octobre et novembre 1894), soit d'une sorte de fusion en un seul grain des deux ou trois granules formant le groupe initial.

Du moins est-il certain qu'au cours de l'évolution régressive de ces sortes de groupes, les lignes de suture des granules accolés deviennent parfois tellement indistinctes, qu'on en est à se demander si l'on ne se trouve pas finalement en présence d'une masse unique de substance amylacée, tout entière et uniformément en voie de régression protéique : Poirier (septembre et octobre 1892), Pommier (septembre 1893), Sumac, etc., etc. — A rapprocher, par opposition régressive, de la formation de certains grains d'amidon par fusion de granules d'abord distincts, telle que M. Belzung l'a observée et décrite dans les tubercules de la Pomme de terre (1). — J'ai reconnu cependant qu'en traitant les coupes par le procédé indiqué ci-dessus, *avec addition de potasse*, il n'est pas rare de faire apparaître sur les bords du chlorite coloré en bleu, quelques noyaux d'un bleu plus foncé, ce qui semblerait n'indiquer en pareil cas qu'une fusion incomplète, avec tendance à la résorption périphérique.

Nous aurons occasion de revenir par la suite sur le phénomène, simplement entrevu tout à l'heure, de la décoloration plus ou moins complète de certains chloroplastides lors de la résorption automnale de l'amidon.

ENDODERME. — Il ne nous paraît pas qu'il y ait lieu de rien retenir de l'ensemble de nos observations sur la façon dont se comportent les granules d'amidon, au cours de leur

(1) *Op. cit.* (Annales, 7e série, t. V, p. 220 et 221, et pl. VIII, fig. 135 et 137).

évolution annuelle, dans les gymnochlorites de l'assise endodermique. Les choses s'y passent absolument comme dans les autres assises de l'écorce primaire.

Il n'en est pas de même des endochlorites chez lesquels les fonctions amylo-génétiques présentent, au contraire, dans l'endoderme, quelques traits différentiels que nous signalerons rapidement.

Il est facile de constater chez ces organites une tendance assez générale à se grouper, dès l'origine, en grumeaux très promptement teintés de vert, qui restent longtemps amassés autour du noyau, et dans lesquels l'amidon, apparu de très bonne heure, persiste tout l'été, sauf parfois, comme on sait, pendant le temps de la régression temporaire, en grains souvent plus volumineux que dans le reste de l'écorce, accusant ainsi le seul caractère vraiment différentiel de cette assise chez beaucoup de végétaux ligneux où elle échappe à toute définition d'ordre purement histologique.

Tantôt les endochlorites de l'endoderme restent très longtemps imprégnés du pigment chlorophyllien, auquel cas leurs granules amylacés se montrent ordinairement disposés dans l'ordre de groupement lâche, que nous avons étudié en premier lieu (Staphylier, Figuier, Corète du Japon, Fusain d'Europe, Charme, Aristoloche, Sureau, Sycomore, Jasmin, Marronnier, Faux-Ébénier, Buis, Tilleul); tantôt c'est, au contraire, le second mode de groupement qui prédomine : granules intimement accolés suivant des surfaces planes, dans des endochlorites plus ou moins promptement et plus ou moins complètement décolorés (Sumac, Arbre de Judée, Laurier-Cerise, Noisetier, Pommier, Pêcher, Poirier, Frêne, Fustet, Laurier-Rose, Laurier-Tin, Rosier, Fusain du Japon).

Il peut y avoir similitude complète, au point de vue du groupement de leurs enclaves amylacées, entre les endochlorites de l'endoderme et ceux des autres régions caulinaires, les granules d'amidon s'y trouvant uniformément

distribués, chez les uns et chez les autres, selon l'ordre de groupement lâche (Aristoloche, Fusain d'Europe, Corète du Japon, Tilleul, Orme, Charme, etc., etc.), ou compact (Pommier, Pêcher, Poirier, Sumac, Noyer, Obier).

Ailleurs, au contraire, on voit les granules amylacés des endochlorites se souder intimement entre eux dans l'endoderme, — lequel se trouve ainsi d'autant plus nettement différencié, — tandis qu'ils sont lâchement groupés dans les endochlorites du reste de l'écorce, comme je l'ai observé chez l'Arbre de Judée, le Frêne, le Figuier, le Genêt d'Espagne, le Laurier-Tin, le Laurier-Cerise, le Laurier Rose et le Fusain du Japon.

Je n'ai point trouvé d'exemple de la disposition contraire.

Quel que soit le mode de groupement des granules, il faut bien reconnaître, d'ailleurs, que la façon dont ils se comportent au cours de la résorption est d'une observation plus difficile dans les achroocystes de l'endoderme que partout ailleurs. Les chloroplastides de ces sortes de cellules, fortement distendus, en été, sous la poussée de l'amidon, se contractent alors, en refoulant les granules vers le centre, de telle sorte que ceux-ci se trouvent finalement trop pressés les uns contre les autres pour qu'on puisse aisément en reconnaître les positions relatives. Le travail de réduction portant, en outre, à la fois sur tous les endochlorites d'une même cellule, lesquels se trouvent, de plus, généralement amassés alors en grumeau sur un point quelconque de la cavité cellulaire, le tout aboutit à la formation d'une masse d'apparence amorphe, plus ou moins imprégnée d'un pigment vert ou jaunâtre, parfois incolore, et parsemée, sans ordre apparent, de granules d'amidon punctiformes, qui se résorbent finalement eux-mêmes, chez certaines espèces, ou persistent, au contraire, chez d'autres, plus ou moins abondants, pendant tout le cours de la période hivernale.

On conçoit que, dans ces conditions défavorables, il est très malaisé de suivre le processus de régression des gra-

nules d'amidon considérés dans leurs rapports réciproques de position.

J'ai pu cependant, non sans peine, y saisir quelques indices des deux modes de régression intégrale ou périphérique, suivant les espèces.

II. Moelle.

Avant d'aborder l'étude des différents modes de résorption des grains d'amidon dans la moelle, il convient d'entrer dans quelques détails sur la façon dont ils s'y comportaient auparavant.

Produit direct, comme partout ailleurs dans la tige, de l'évolution de granules de nature protéique ou albuminoïde, on se rappelle que l'amidon médullaire apparaît de très bonne heure à l'extrémité des jeunes tiges en voie de croissance, répandu dans tout l'intérieur du canal, avec superproduction très ordinairement à la périphérie.

Il s'y maintient plus ou moins longtemps, puis diminue peu à peu, et se résorbe enfin entièrement, comme celui de l'écorce, à la hauteur des entre-nœuds de plus forte croissance, pour reparaître plus tard, une fois la croissance ralentie, soit dans toute l'épaisseur de la moelle, soit dans la couronne seulement, soit tout à la fois dans la couronne et dans certaines cellules plus ou moins spécialisées des autres régions médullaires (1).

Donc, trois catégories à établir, à ce point de vue, dans la distribution de nos espèceé. Nous les avons indiquses précédemment (p. 387 et suiv.). Il importe d'y revenir un instant.

1° L'amidon estival se répand assez uniformément dans toutes ou la plupart des cellules du cylindre médullaire, dont les parois, en pareil cas, peuvent rester minces (Citron-

(1) Duchartre, *Élém. de Bot.*, 3e édit., p. 208, d'après Guillard et A. Gris. — A. Gris, *Anatomie comparée de la moelle dans les Éricinées* (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1870, p. 11).

nier, Myrsine d'Afrique, Laurier-Cerise, Pêcher, Vigne-Vierge, Fusain d'Europe), ou s'épaissir plus ou moins avec ou sans ponctuations, selon les espèces (Laurier-Tin, Aucuba, Laurier-Rose, Marronnier, Fusain du Japon, Chêne pédonculé, Lierre, Houx, Poirier, Pommier, Charme, Faux-Ébénier, Buis, Mahonia).

2° L'amidon ne se reforme que dans la couronne, ou ne tarde pas à s'y localiser, après une courte apparition dans les cellules centrales, dont les parois restent alors le plus souvent assez minces (Acacia, Aristoloche, Épine-Vinette, Chèvrefeuille, Baguenaudier, Figuier, Frêne, Jasmin, Lilas, Noisetier, Noyer, Orme, Corète du Japon, Seringa, Genêt d'Espagne, Sureau, Obier, Vigne, Sumacs glabre et vénéneux).

3° Enfin, l'amidon peut se localiser plus ou moins tôt dans la couronne, et, à l'intérieur du canal, dans certaines cellules généralement de plus petit calibre, à parois souvent plus épaisses et ponctuées, lesquelles se montrent, tantôt isolées ou réparties par petits groupes (Sycomore, Staphylier, Arbre de Judée, Fustet), tantôt disposées en réseau (Tilleul, Rosier, *Ribes*).

Les cellules ainsi spécialisées appartiennent toutes ou la plupart à la catégorie des cyanocystes ou cellules colorables par le bleu d'aniline, bien que l'amidon puisse, chez certaines espèces, y être souvent remplacé, en hiver, par du tanin, substance qui se localise, au contraire, assez habituellement, comme nous le montrerons plus loin, dans les achroocystes de l'écorce.

Quand l'amidon estival se répand dans toute l'épaisseur de la moelle, soit qu'il s'y maintienne intégralement, ou qu'il s'y localise de la façon qui vient d'être dite, son apparition peut être simultanée ou à peu près (Charme, Lierre, Mahonia, Poirier, Cassis, etc., etc.), ou successive, dans l'ordre centripète ou dans l'ordre centrifuge, comme nous en avons donné quelques exemples page 389.

Ces traits généraux suffisamment indiqués, nous allons, pour un instant, nous reporter en arrière.

Il est presque inutile de constater que les plastides amylogènes ne tardent pas à s'éteindre, au sortir de la première phase de production, dans toutes les cellules de la moelle où l'amidon ne doit pas se régénérer par la suite. Ils persistent, au contraire, dans toutes celles où nous allons voir se former bientôt les granules de l'amidon d'été, mais sans se comporter tous ni toujours de la même façon.

Restés généralement incolores ou à peu près dès le début chez le Marronnier et le Fustet, ils s'imprègnent, au contraire, d'un pigment vert bien apparent, mais assez promptement évanescent dans la moelle ou la couronne de l'Épine-Vinette, de la Vigne-Vierge, du Baguenaudier, du Frêne, du Houx, du Laurier-Cerise, du Noyer, du Pêcher, du Sumac glabre et du Genêt d'Espagne,

Pigment nul aussi ou très fugitif dans la moelle du Citronnier, du Chalef à rameaux réfléchis, du Fusain du Japon, du Sumac vénéneux, du Petit-Houx et du Poirier.

La chlorophylle persiste plus longtemps, souvent jusqu'aux approches de l'hiver, dans la moelle du Charme, dans la couronne de l'Arbre de Judée, du Sycomore, du Buis, du Chèvrefeuille et du Rosier, et aussi, bien que généralement plus clairsemée, dans celles du Corète du Japon, du Laurier-Rose, du Lilas, du Mahonia, de l'Orme, du Pommier, du Sureau, de l'Obier et de la Vigne.

Enfin, ce n'est que dans la moelle d'un très petit nombre d'espèces (Fusain d'Europe, Lierre, Myrsine d'Afrique, Cassis, Groseillier, Chênes pubescent et pédonculé, Gui) (1), ou dans la couronne de quelques autres (Aucuba, Acacia, Aristoloche, Faux-Ébénier, Figuier, Jasmin, Laurier-Tin, Noisetier, Seringa, Staphylier, Tilleul), que j'ai pu constater la persistance, pendant la période hivernale, d'un petit nombre de plastides plus ou moins colorés en vert.

L'absence complète de pigment vert chez les plastides médullaires de certaines espèces, la faible imprégnation ou

(1) Chalon, *Botanique*, p. 175.

la prompte décoloration de beaucoup d'autres, résultent évidemment, — il est presque superflu de le faire remarquer, — d'une moindre pénétration des radiations lumineuses, et peut-être de l'oxygène atmosphérique (1), dans les régions profondes de la tige. Incolores ou plus ou moins promptement décolorés, ces mêmes plastides sont, en outre, généralement plus petits que ceux de l'écorce, double circonstance qui en rend l'étude plus difficile, et nécessite souvent à cet effet l'emploi de réactifs appropriés (iode, alcool et violet de gentiane).

On peut cependant assez aisément reconnaître, comme nous l'avons déjà donné à entendre, qu'ils se répartissent, comme ceux de l'écorce, en deux catégories bien distinctes, selon qu'ils se localisent, les uns dans des cellules non colorables par le bleu violet d'aniline ou le bleu de méthylène (achroocystes), les autres dans des cellules dont le contenu tout entier, ou parfois le noyau seulement (Lierre, Pommier), se laisse, au contraire, plus ou moins impressionner par les mêmes colorants (cyanocystes).

On retiendra, en outre, que ces derniers organites se montrent souvent, comme beaucoup de gymnochlorites, plus ou moins sensibles à l'action diffusive de l'eau, tandis que les autres, de la même nature que les endochlorites, y sont absolument insensibles.

Mes observations touchant les caractères différentiels des différentes sortes de plastides médullaires, qui seront pour nous, les uns des *gymnoplastides*, les autres des *endoplastides*, ces observations, dis-je, n'ont porté que sur un petit nombre d'espèces (Pommier, Poirier, Rosier et Mahonia), mais elles ont été partout concordantes.

Retenons, par exemple, l'examen d'une série de coupes médianes pratiquées, en juillet 1895, sur toute la hauteur de la moelle, dans une tige de Mahonia, visiblement lignifiée à la base.

(1) W. Palladine, *Recherches sur la formation de la chlorophylle dans les plantes* (Rev. gén. de Bot., t. IX, p. 394).

Aux entre-nœuds inférieurs où l'amidon d'été a déjà fait son apparition, les plastides amylacés de la moelle, observés dans l'alcool, présentent tous à peu près le même aspect. Traités, au contraire, par la solution aqueuse du bleu violet d'aniline, il ne se produit aucune modification sensible dans les allures des plastides amylacés stables, non colorables, des achroocystes, tandis que ceux des cyanocystes entrent de suite en diffusion, leur substance se répandant dans la cavité cellulaire sous forme d'un nuage granuleux *bleuâtre*, avec mélange de granules d'amidon incolores que l'eau a mis en liberté.

Mêmes caractères différentiels, en remontant plus haut, dans les entre-nœuds dont les plastides n'ont pas encore commencé à reconstituer leur amidon, et de même jusqu'au point où, suffisamment rapprochés du cône végétatif, ils apparaissent, un peu plus stables, portant encore quelques traces des granules de leur amidon primordial en voie d'évolution régressive; par où l'on voit que ces *organites* acquièrent leurs propriétés diffusives d'assez bonne heure, comme la plupart des gymnochlorites de la même série (Série *C*, voir plus haut, p. 372).

Au cône même toutes les cellules regorgent d'amidon.

Je n'ai point de remarques spéciales à présenter sur les divers modes de régénération estivale des granules d'amidon dans les plastides médullaires. Il m'a paru que les choses s'y passaient de la même façon que chez les chloroplastides de l'écorce : — formation sporadique chez les uns, *latérale* ou périphérique chez les autres, — bien que la marche des phénomènes y soit d'une observation plus difficile, en raison des circonstances notées plus haut, et de l'état de dégradation déjà assez avancé des plastides médullaires en général, au sortir de la période de régression de l'amidon primordial.

Nous donnerons, au contraire, quelque attention à l'étude des phénomènes de la résorption de l'amidon chez ces mêmes plastides, ce qui nous fait rentrer, après un assez

long détour, mais nécessaire, dans le titre du présent paragraphe. Nous les considérerons d'abord et surtout chez ceux de ces organites que nous désignons sous le nom d'endoplastides, en raison de leurs analogies fonctionnelles ou autres avec les endochlorites, et que nous répartissons, comme ceux-ci, au point de vue de la résorption, en deux séries, selon qu'ils ne contiennent qu'un seul grain d'amidon ou qu'ils en contiennent plusieurs.

1° *Endoplastides à grains d'amidon simples.* — La résorption des grains d'amidon simples peut s'opérer de deux façons différentes :

a. — Les grains diminuent peu à peu de volume, tout en conservant leur forme, leur consistance, leur réfringence normales, jusqu'au moment où ils se trouvent réduits, avec leurs plastides formateurs, à l'état de petites masses granuleuses, qui finissent souvent par se fondre elles-mêmes dans le milieu ambiant.

Dans ce premier cas, la résorption est égale et centripète.

b. — La résorption peut débuter, au contraire, chez certains granules, dans l'intimité même de leur substance, ce qui en modifie promptement la consistance et l'aspect. Les granules se corrodent, en pareil cas, sur un ou plusieurs points à la fois, se fissurent dans différents sens (résorption locale) (1), ou pâlissent et s'effacent, soit graduellement, d'un pôle à l'autre, soit uniformément, dans toute leur masse (résorption intégrale), en laissant souvent, contre les parois des cellules, une sorte de résidu squelettique, lui-même plus ou moins fugace.

2° *Endoplastides à grains d'amidon multiples ou composés.* — Chez les endoplastides de cette seconde catégorie, nous distinguerons quatre modes principaux de résorption :

a. Rétraction concentrique. — Au lieu de se porter à la périphérie du plastide, comme il arrive chez la plupart des endochlorites à grains d'amidon multiples lâchement inclus

(1) Duchartre, *Élém. de Bot.*, 3e édit., p. 107. — Baillon, *Dict. de Bot.*, t. I, p. 148.

dans la masse, on voit, au contraire, dans ce premier mode de résorption, les granules d'amidon d'un même groupe se contracter lentement en un petit amas central, qui diminue peu à peu de volume en prenant ordinairement, dans son ensemble, une forme étoilée ou en rosace.

La substance protéique interstitielle, reste du plastide formateur, qui continue, pendant quelque temps encore, de tenir les granules unis entre eux, est facilement colorable par les réactifs iodés, le rouge d'aniline formolisé, l'alcool et le violet de gentiane, et elle finit par se réduire, avec les restes de ses enclaves amylacées, en une très petite masse de substance finement granuleuse, elle-même persistante ou plus ou moins fugace.

Quant à la fusion individuelle des granules, elle s'opère, le plus souvent, en pareil cas, par résorption égale, accompagnée, parfois, d'un changement de forme, tels que ceux que j'ai vus s'amincir d'abord en fuseaux, dans la moelle du Houx.

Ce premier mode de résorption s'observe communément chez les groupes amylacés dont les éléments, assez nombreux et de petit ou médiocre volume, sont lâchement disposés dans le sein des plastides. Ceux qui nous restent à étudier affectent plus spécialement les groupes à granules plus volumineux, accolés en plus petit nombre les uns aux autres dans la masse commune, suivant des surfaces planes.

b. Résorption sur place. — Les granules d'amidon gardent ici jusqu'à la fin leurs positions relatives dans les restes plus ou moins longtemps persistants du plastide, chacun d'eux se résorbant sur place, suivant l'un des deux modes indiqués plus haut sous les noms de résorption intégrale et locale. Même emploi des réactifs.

c. Dislocation. — Les granules constituants de chaque groupe, mis en liberté par la fusion préalable, plus ou moins complète, de leur plastide formateur, se répandent dans la cavité cellulaire, où ils achèvent de se résorber par dissolution intégrale, égale ou locale.

Il arrive souvent, en pareil cas, et dans le cas aussi de résorption sur place, que les groupes amylacés d'une même cellule se condensent finalement en un seul ou plusieurs amas de substance granuleuse, parmi laquelle on voit persister, pendant quelque temps, les débris squelettiques de certains granules en voie de résorption plus ou moins avancée.

d. Élimination. — Enfin, il peut se faire que le groupe amylacé se résorbe par dissolution, non plus simultanée, mais graduelle et successive, jusqu'à extinction complète de ses éléments constituants.

Les quatre modes de résorption qui viennent d'être analysés, sont loin de s'exclure les uns les autres chez les endoplastides d'une même espèce. C'est ainsi que j'ai rencontré, chez le Pommier, en octobre 1896, dans des cellules médullaires voisines ou dans la même cellule, des groupes amylacés qui se montraient simultanément en voie de résorption par dislocation ou par rétraction concentrique. De même dans la moelle du Poirier, du Laurier-Cerise et du Houx, dans la couronne du Frêne, du Corète du Japon, du Faux-Ébénier, du Sycomore, etc., etc.

Ailleurs, c'est le mode de résorption par rétraction concentrique qui paraît prédominer, comme dans la moelle des Fusains d'Europe et du Japon, du Tilleul, du Mahonia, de l'Aristoloche, du Cassis, du Groseillier, du Buis et du Charme, dans la couronne du Noisetier, du Noyer, du Jasmin, du Lilas, du Laurier-Tin, du Seringa, du Sureau et du Genêt d'Espagne.

J'ai trouvé de bons exemples des deux modes de résorption, — par corrodation sur place, dans la moelle du Poirier et la couronne de l'Orme (6 Novembre 1896), — et par dislocation, chez le Sycomore, le Faux-Ébénier, le Poirier et le Pommier (octobre 1896).

On peut encore étudier le phénomène de la dislocation avec corrodation ou fusion égale des granules mis en liberté, chez le Lierre, le Citronnier, le Pêcher, le Marronnier, le

Staphylier, etc., etc., ainsi que chez certaines espèces, telles que le Chèvrefeuille, l'Orme, le Baguenaudier, l'Acacia, l'Épine-Vinette, la Vigne-Vierge et l'Obier, où l'on ne trouve plus guère, en automne, à la périphérie du canal médullaire, que des grains d'amidon originairement simples ou provenant de groupes disloqués.

Le mode de résorption par éliminations successives est, de beaucoup, le moins fréquent de tous ceux que j'ai pu observer. A citer, parmi les rares espèces où je l'ai rencontré : Laurier-Rose, Baguenaudier, Faux-Ébénier et Poirier.

On doit se rappeler que nous avons constaté la persistance plus ou moins prolongée des plastides chlorophylliens, après la résorption totale ou partielle de l'amidon, dans la moelle ou la couronne de certaines espèces. Généralement localisés dans les achroocystes des mêmes régions, ces sortes de plastides s'amassent alors le plus souvent autour du noyau en une masse verdâtre ou jaunâtre à éléments granuleux peu distincts.

Il peut se faire, cependant, que la chlorophylle persiste, en pareil cas, sous forme de petits granules amylacés teintés de vert, inclus dans une masse granuleuse incolore, comme je l'ai observé, en janvier 1897, dans la couronne de l'Acacia, de l'Aristoloche, du Faux-Ébénier, du Figuier et du Noisetier.

Nous ne nous sommes occupé, dans les paragraphes précédents, des différents modes de résorption de l'amidon médullaire que dans leurs rapports avec cette catégorie d'organites que nous désignons sous le nom d'endoplastides. En ce qui concerne les gymnoplastides, ou plastides propres des cyanocystes, nous avons cru remarquer que leurs enclaves amylacées, simples ou multiples, se dégagent très généralement, au cours de leur évolution estivale, des corpuscules protéiques où ils ont pris naissance, de telle sorte qu'on se trouve finalement en présence d'un amas de granules simples, très diversement distribués dans leurs cellules respectives, et dont la fusion s'opère indistinctement, pour chacun d'eux.

suivant l'un quelconque des modes de résorption propres à cette dernière catégorie de granules.

En résumé, à quelque catégorie qu'ils appartiennent, les amyloplastides, incolores ou décolorés de la moelle, — et ce sont, de beaucoup, les plus nombreux, — ne laissent plus après eux, à la fin de leur évolution estivale, dans les cellules restées vivantes, qu'un résidu granuleux, entremêlé ou non, suivant les espèces, de grains d'amidon plus ou moins intacts, et où il est devenu très difficile, aussi bien dans l'un que dans l'autre cas, d'identifier les restes profondément altérés des plastides primordiaux.

De là cette conclusion que, dans la plupart des cellules médullaires où il doit réapparaître par la suite, et à quelque époque qu'elle se produise, la régénération de l'amidon ne pourra plus s'opérer désormais que par formation libre ou par réviviscence de certaines particules persistantes de ces mêmes plastides.

III. — Tissus incolores du cylindre libéro-ligneux.

Bien que mes observations, en ce qui concerne cette sorte de tissus, n'aient été ni assez précises, ni assez multipliées pour qu'on puisse y asseoir des conclusions fermes, il nous a paru que l'amidon d'été s'y résorbe de la même façon et par les mêmes procédés que dans les tissus incolores ou décolorés de la moelle.

Il ne nous resterait plus, dans l'ordre de faits qui vient d'être étudié, qu'à signaler un dernier mode de régression des granules d'amidon en automne. Je veux parler du phénomène de dégénérescence huileuse dont certains d'entre eux peuvent être affectés à cette époque. Nous aurons occasion d'y revenir par la suite.

(*A suivre.*)

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE VOLUME

TABLE DES PLANCHES

ET DES FIGURES DANS LE TEXTE CONTENUES DANS CE VOLUME

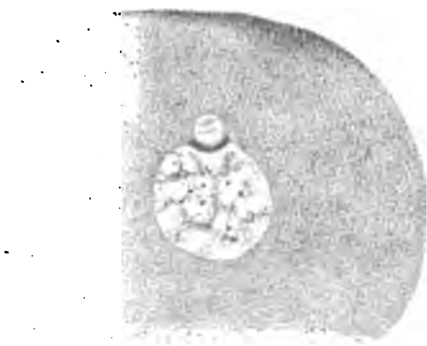
TABLE DES ARTICLES

PAR NOMS D'AUTEURS

Corbeil. — Imprimerie Éd. Crété.

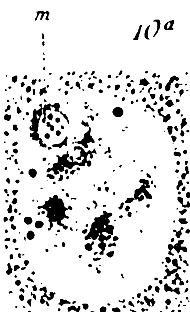


SOULAMEA, *branche portant des feuilles simples et des feuilles composées.*
Échantillon du Muséum de Paris. — Etiqueté : *Mus. Neocal. n° 196. Pancher.*



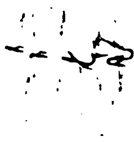
















Masson et Cie Éditeurs

P.a.

